This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

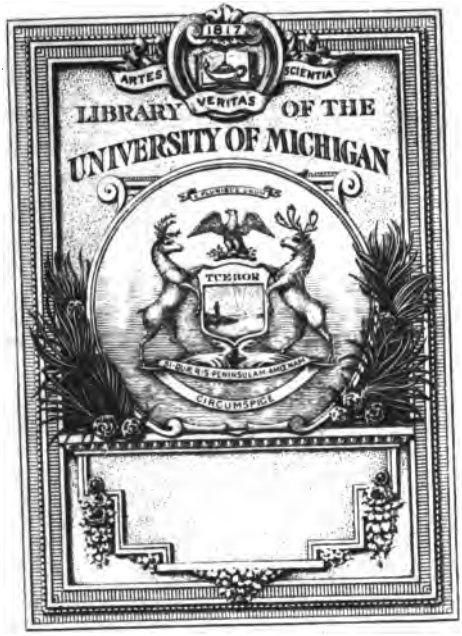
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


1817
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE

QC
127
.W78

J.S

Lehrbuch

der angewandten

Mathematik,

enthaltend

die Anfangsgründe

der

Mechanik, Hydrostatik

und

Hydraulik.

Zunächst

für solche Individuen, welche sich dem Forstfache widmen,

so wie auch für jene, die sich überhaupt Kenntnisse aus den obigen Zweigen der Mathematik erwerben wollen.

Von

Georg Winkler,

Professor der Mathematik an der k.k. Forstlehr-Anstalt in Mariabrunn bey Wien.

Mit einem Kupfer und fünf lythographischen Tafeln.

Wien, 1821.

In Commission bey Chr. Kaulfuß, Plankengasse Nr. 1125.

Hist. of Sci.
Neugebauer
12-13-29
20634

2 Phil
3-15-40

Vorrede.

Die vorliegende Schrift soll die nothwendigsten Lehren aus denjenigen Theilen der angewandten Mathematik enthalten, welche im bürgerlichen Leben täglich in Anwendung kommen, und auch dem ausübenden Forstmanne nicht fremd seyn dürfen, wenn er nicht bey den im Forstfache vorkommenden technischen Geschäften, die oft absichtlich, oft aus Unkenntniß übertriebenen Ueberschläge und Forderungen der Künstler und gemeinen Handwerker auf Gerathewohl gut heißen, sondern darüber aus eigener Ueberzeugung ein gründliches Urtheil fällen will, welches in vielen Fällen nur von demjenigen erwartet werden kann, der die hierzu erforderlichen mathematischen Kenntnisse in Verbindung mit der Forstpraxis sich eigen gemacht hat.

Wenn einige Schriftsteller dem angehenden Forstmanne im Gebiethe der Mathematik ein so unabsehbares Feld eröffnen, daß zur Erlangung der dießfälligen Kenntnisse beynahe seine halbe Lebenszeit erforderlich wäre, während andere ihm nur die gemeinen Rechnungs-

ſpecien, die Flächen- und Kubikrechnung, und das Nivelliren mechaniſch beygebracht wiſſen wollen; ſo liegt auch hier, wie faſt überall, zwiſchen beyden Extremen die Wahrheit in der Mitte.

Ich habe daher bey Bearbeitung dieſer Schrift weder dem einen noch dem andern Theile folgen, ſondern lieber den beſſern Mittelweg eingeſchlagen wollen; obgleich nicht zu läugnen iſt, daß auch da noch Manches (was jedoch ohne Nachtheil auch überſchlagen werden kann), in Bezug auf das Forſtfach hätte wegbleiben oder kürzer gefaßt werden können, wenn ich nicht auf eine höhere Aufforderung und zugleich auf die Möglichkeit eines gemeinnützigeren Gebrauches dieſer Bogen Rückſicht genommen hätte, wozu mir die ausgebreitetere Benützung meiner übrigen Schriften Hoffnung gab.

Was die allgemeine Elementar-Lehre der Mechanik, Hydroſtatik und Hydraulik betrifft, ſo habe ich bey Bearbeitung dieſer Gegenſtände folgende Schriften benützt: Lindner's Mechanik der feſten Körper, welche unter den Elementar-Werken eines der gründlichſten iſt; Neumann's Lehrbuch der Phyſik, die in keiner wiſſenſchaftlichen Bücherſammlung fehlen ſollte; Poppe's Lehrbuch der angewandten Mathematik, und Vega's Vorleſungen über die Mathematik dritten und vierten Band. Obgleich das letztere Werk für die höhere Rechnung bearbeitet iſt, ſo habe ich doch getrachtet, ſo weit es für die Elementar-Gründe möglich war, dieſem vorzüglichen Lehrbuche größten Theils zu folgen. In Bezug auf das Forſtfach, worauf ich beſonders die aufgeſtellten Lehrſätze anzuwenden ſuchte, glaube ich Manches geſagt zu

haben, was bisher noch in keiner andern (mir bekannten) Schrift behandelt seyn dürfte.

In der Tabelle Seite 174, worin die specifischen Gewichte einiger Körper vorkommen, sind diese Gewichte der vorzüglichsten Holzgattungen in ganz grünem, halb trockenem und ganz dürrem Zustande aufgeführt, wovon Mancher überhaupt, besonders aber der Forstmann eine nützliche Anwendung machen kann. Ich glaube für die möglichste Richtigkeit dieser Angaben bürgen zu können, weil ich die Resultate durch eigene Versuche im Großen herbeyführte, und da, wo es nöthig schien, aus mehreren derselben bey mancher Holzgattung das arithmetische Mittel nahm *). Ich maß nähmlich an Stämmen auf dem Holzschlage und an eigens hierzu gefällten Bäumen den verglichenen oder mittleren Durchmesser eines walzenförmigen Stückes, und suchte nach stereometrischen Gründen diejenige Länge, welche für eine Walze von Einem Kubikfuß nöthig war, ließ ein solches Stück abschneiden, wog es, und merkte sein wirkliches Gewicht in ganz grünem Zustande einstweilen vor, nach vier bis sechs Monathen wog ich das nähmliche, der freyen Luft ausgesetzte Stück wieder, um sein wirkliches Gewicht in halb trockenem Zustande zu erhalten, u. s. w. Endlich ergab sich das specifische Gewicht des Holzes in jedem seiner drey verschiedenen Zustände, indem ich das wirkliche Gewicht eines Kubikschuhes desselben durch das wirkliche Gewicht

*) Weil das Holz in Thälern und auf Ebenen meistens üppig wächst, und von leichterm specifischen Gewichte ist, als das auf Höhen und Bergen in magerem Boden langsamer wachsende Holz der nähmlichen Gattung.

eines Kubikschuhes Regenwasser dividirte. Da, wo es mit Umständen verknüpft gewesen, oder zu viele Zeit verflossen wäre, den ganz dürren Zustand des Holzes abzuwarten, habe ich die zu obigen Holzgattungen nöthigen, als auch jene Angaben, welche für andere im Forstwesen weniger vorkommende Holzgattungen bereits bestehen, aus andern Tafeln entlehnt, in welchen die specifischen Gewichte, der gewöhnlich nur in ganz dürrem Zustande untersuchten Hölzer, verzeichnet sind.

Um auch die vorzüglichsten Holzsamen auf ähnliche Art zu behandeln, habe ich noch nicht die nöthige Zeit erübrigen können; doch ist am gehörigen Orte eine Anleitung dazu gegeben worden.

Ueberhaupt suchte ich (so weit es der beschränkte Raum von 16 Bogen gestattete), die vorliegenden drey Gegenstände, welche aus der angewandten Mathematik bey weitem die nützlichsten für das bürgerliche Leben, und zugleich die Sphäre sind, in welcher sich sowohl der Bau- und Forstbeamte, als auch einige aus der Bürgerklasse am meisten bewegen, mit möglichster Hinweisung auf Anwendung zu behandeln, welches vielleicht dem unbefangenen Leser ohnehin nicht entgehen wird.

Und in dieser Hinsicht wünsche ich, daß durch die vorliegende Schrift der gänzliche Mangel des 4ten und 5ten Theiles von dem sehr gesuchten, nun beynahe ganz vergriffenen Werke des Freyhrn. v. Metzburg (deutsche Uebersetzung) dem Publicum minder fühlbar werden möchte.

Mariabrunn, im October 1820.

Der Verfasser.

Inhalt.

Einleitung.

Seite.

Die allgemeinsten Eigenschaften der Körper, §. 1 bis 15 . 1
Begriffe von Ruhe und Bewegung der Körper, Unterschied der Ruhe vom Gleichgewichte, und was man unter Kraft versteht, §. 16 bis 22 10
Grundsätze, §. 23 14
Naturgesetz, §. 24 15

Erstes Hauptstück.

Von der einfachen und zusammengesetzten Bewegung.

Erster Abschnitt.

Von der gleichförmigen Bewegung und von der Größe derselben.

Herleitung des Gesetzes dieser Bewegung, §. 26 bis 28 . 17
Von der Größe dieser Bewegung, oder von der Bestimmung des Bewegungs-Momentes, §. 29 . . . 20

Zweyter Abschnitt.

Von der gleichförmig beschleunigten Bewegung.

Aufstellung des Gesetzes dieser Bewegung, §. 30 bis 34 . 22

Seite.

Dritter Abschnitt.

Von der zusammengesetzten Bewegung.

Was man unter Seiten-Kräfte, Richtungswinkel und mittleren Kraft versteht, §. 35 . . . 30
Wirkung der Seiten-Kräfte, wenn sie keinen Winkel einschließen, §. 36 30
Wirkung der Seitenkräfte, wenn sie einen Winkel einschließen, §. 37 bis 39 31
Auflösung oder Zerlegung einer gegebenen Kraft in zwey oder mehrere Seitenkräfte, §. 40 . . . 34
Zusammensetzung mehrerer Kräfte in Eine Kraft, §. 41 und 42 35

Vierter Abschnitt.

Von der Bewegung der Körper über eine schiefe Fläche.

Begriff von der schiefen Fläche, und Bestimmung des Druckes, welchen ein auf einer solchen Fläche in Ruhe erhaltener Körper auf dieselbe ausübt, und Bestimmung der Kraft, welche den Körper antreibt, sich über die schiefe Fläche herab zu bewegen, §. 43 und 44 36
Ableitung des Gesetzes dieser Bewegung, §. 45 . . . 38
Geschwindigkeit, welche ein über eine schiefe Fläche fallender Körper am Ende derselben erhält, und weitere Schlußfolge, §. 46 bis 50 39

Fünfter Abschnitt.

Von dem einfachen Pendel, §. 51 bis 55 42

Sechster Abschnitt.

Von dem Schwerpuncte.

Von dem Schwerpuncte überhaupt, §. 56 bis 58 . . . 47
Von der Bestimmung desselben, §. 59 bis 61 . . . 48
Fortsetzung des Vorigen, §. 62 und 63 51

Seite.
Bestimmung des gemeinschaftlichen Schwerpunctes zweyer oder mehrerer Körper, §. 64. und 65 . . . 53
Bestimmung des Schwerpunctes von Umfängen und Flächen, §. 66 bis 68 55
Den Schwerpunct eines Körpers practisch zu finden, §. 69 59
Weitere Folgerung, §. 70 60

Zweytes Hauptstück.

Von den einfachen Maschinen.

Erster Abschnitt.

Von den Maschinen überhaupt.

Begriff von einfachen und zusammengesetzten Maschinen, und Zurückführung der sechs einfachen auf zwey Grundmaschinen, den Hebel und die schiefe Fläche, §. 71 und 72 62
Jede Kraft, durch welche eine Maschine in Bewegung gesetzt wird, zerfällt in drey Theile, Verwendung eines jeden Theiles, §. 74 64
Worauf bey der Wahl und Anordnung einer Maschine besonders zu sehen ist, §. 75 65

Zweyter Abschnitt.

Von den einfachen Maschinen, welche wie der Hebel wirken.

1. Von dem Hebel selbst.
Unterschied des mathematischen und physischen Hebels, §. 76 . 66
Bey dem Hebel sind hauptsächlich drey Puncte merkwürdig, von deren verschiedenen Lage die verschiedenen Hebelsarten entstehen; wovon nähmlich der zwey- und einarmige Hebel, und weiters von dem letztern der Trag- und Wurfhebel seine Benennung erhält, §. 77 und 78 . 66
Bestimmung des Verhältnisses der Kraft zur Last im Stande des Gleichgewichtes bey allen Hebelsarten, §. 79 bis 81 . 68
Anwendung des physischen Hebels, §. 82 71
Von der beym Holztransport gebräuchlichen Heblade, §. 83 74

Seite.

Anwendung des Hebels auf die im bürgerlichen Leben gebräuchlichen Schal- und Schnellwagen, §. 84 bis 87 . . 75

II. Von der Rolle.

Begriff von der Rolle überhaupt, und Unterschied der festen und beweglichen Rolle, §. 88 und 89 . . . 79

Verhältniß der Kraft zur Last im Stande des Gleichgewichtes an beyden Rollen, §. 90 und 91 80

III. Von dem Wellrade, oder von dem Rade an der Welle.

Begriff von demselben und verschiedene Benennung nach der Lage und Stellung der Welle, §. 92 bis 94 . . . 81

Verhältniß der Kraft zur Last im Stande des Gleichgewichtes an dem Wellrade, §. 95 und 96 83

Dritter Abschnitt.

Von den einfachen Maschinen, welche wie die schiefe Fläche wirken.

I. Von der schiefen Fläche selbst.

Bestimmung des Verhältnisses der Kraft zur Last, wenn ein Körper auf einer schiefen Fläche im Gleichgewichte erhalten werden soll, wobey die Kraft mit der Richtung der schiefen Fläche parallel wirkt, §. 97 84

Eben so, wenn die Kraft mit der Richtung der Grundfläche der schiefen Ebene parallel wirkt, §. 98 85

Folgerung daraus, §. 99 und 100 86

II. Von dem Keile.

Vorstellung als zwey einander gelegte schiefe Flächen, und Verhältniß der Kraft zur Last, §. 101 und 102 . . . 88

III. Von der Schraube.

Vorstellung derselben durch eine um einen Zylinder herumgewundene schiefe Fläche, §. 103 und 104 89

Verhältniß der Kraft zur Last, §. 105 92

Auch dann, wenn mit der Schraubenspindel zur leichteren Bewegung eine Stange verbunden wird, die man für sich als Hebel betrachten kann, ist die Schraube nur als einfache Maschine anzusehen und zu berechnen, §. 106 . . 93

Seite.

Drittes Hauptstück.

Von den zusammengesetzten Maschinen und von der Reibung.

Erster Abschnitt.

Von den zusammengesetzten Maschinen überhaupt.

Räderwerk; Eintheilung und Benennung der verschiedenen Räder, §. 107 bis 110 95
Verhältniß der Halbmesser und der Anzahl Zähne eines Rades, §. 111 98
Von den Schwungrädern, §. 112 99
Von den Schnür- oder Riemenrädern, §. 113 . . 101
Begriff von der Schrauben ohne Ende, §. 114 . . 102
Begriff vom Flaschenzuge, §. 115 102

Zweyter Abschnitt.

Von der Bestimmung des Gleichgewichtes an den zusammengesetzten Maschinen.

Bestimmung des Verhältnisses der Kraft zur Last an einem Hebelwerke, §. 116 104
Eben so an einem Räderwerke, §. 117 und 118 . . 105
Von der gemeinen Wagenwinde, die in Ermangelung einer Heblade auch beym Holztransport gebraucht wird, §. 119 107
Bestimmung der Verhältnisse der Kraft zur Last bey der Schraube ohne Ende, §. 120 108
Eben so bey dem Flaschenzuge, §. 121 109

Dritter Abschnitt.

Von den Hindernissen der Bewegung, vorzüglich von der Reibung, und den Mitteln, dieselbe zu vermindern.

I. Von der Reibung überhaupt, §. 122 110
II. Wie die Größe der Reibung an den Maschinen geschätzt und in die Rechnung gebracht wird, §. 123 bis 128 . . 112
III. Von den Mitteln, wodurch die Reibung vermindert wird, §. 129 120

Seite.

Vierter Abschnitt.

Einige Anwendung des Bisherigen.

Von Maschinen, welche man im Forstwesen zum Stockroden vorschlägt, §. 130 122
Von der großen Kraft- und Hebmaschine des Hrn. Rieffelsen, zum Ausdrucken der schlagbaren Bäume sammt ihren Stöcken und Wurzeln, §. 131 124
Von einigen in der bürgerlichen Baukunst gebräuchlichen Maschinen, §. 132 und 133 127
Von der Schätzung der Kraft zur Last eines über eine schiefe Bergfläche zu ziehenden Wagens; Anwendung auf Holzaufzüge; Vorzüge der von den Gebrüdern Edlen v. Colonius in Wien erfundenen, und aprobirten Wägen, vor den bis nun gemein üblichen, §. 134 . . . 131
Von der Beurtheilung und Anordnung der in der Forstwirthschaft üblichen Bretsägen oder Sägemühlen, §. 135 bis 139 132
Begriff von Holzriesen, Unterschied der Schnee-, Eis- und Wasserriesen, §. 140 138
Bestimmung der Neigung oder des Gefälls einer jeden Art Riese, §. 141 und 142 140
Beschreibung der Holzbringung vermittelst Riesen im k. k. Salzkammergut nächst der Salzburg'schen Gränze . 142

Viertes Hauptstück.

Von dem Druck und Gleichgewichte der tropfbar flüssigen Körper, oder von der Hydrostatik.

Erster Abschnitt.

Von dem Druck und Gleichgewichte dieser Körper überhaupt, besonders des Wassers.

Einleitung, §. 143 und 144 147
Die Oberfläche einer in einem Gefäße eingeschlossenen tropfbaren Flüssigkeit bildet bey vollkommener Ruhe eine horizontale Ebene, §. 145 148
Jeder Theil eines in einem Gefäße ruhenden flüssigen Körpers wird von allen Seiten gleich stark gedruckt, §. 146 . 149

Seite.

Verhalten gleichartiger Flüssigkeiten in communicirenden Röhren, §. 147 150
Dasselbe von ungleichartigen Flüssigkeiten, §. 148 . 154

Zweyter Abschnitt.

Größe des Druckes der flüssigen Körper auf den Boden und die Seitenwände der Gefäße.

Von der Größe des Druckes auf den Boden der verschiedenartigen Gefäße, Bestätigung durch Versuche, und Folgerung hieraus auf Wassergebäude, §. 149 und 150 . . 153
Von der Größe des Druckes auf die Seitenwände der Gefäße, §. 151 bis 153 159
Wachsthum dieses Druckes nach dem Quadrate der Wassertiefen, und Anwendung hiervon auf Dämme bey Klausen, Kanälen, ꝛc., §. 154 163

Dritter Abschnitt.

Von dem specifischen Gewichte der Körper.

Das wirkliche Gewicht der Körper unter gleichen Kubikraum ist zugleich das specifische derselben, §. 155 . . 164
Verhalten der festen Körper in Hinsicht auf ihre Lage, wenn sie in eine Flüssigkeit getaucht werden, §. 156 . . 165
Jeder feste, in Wasser (oder eine andere Flüssigkeit) getauchte Körper verdrängt eine Masse des Flüssigen, die eben so viel als der eingetauchte Körper wiegt; Anwendung auf das Holzflößen, ꝛc., §. 157 165
Bestätigung durch Versuche, §. 158 167
Verfahren, wie man das specifische Gewicht sowohl der festen als der flüssigen Körper bestimmt, §. 159 bis 162 . . 169
Tabelle, in welcher die specifischen Gewichte einiger der vorzüglichsten Körper überhaupt, und jene der vorzüglichsten wildwachsenden Waldbaumgattungen in grünem, halbtrockenem und ganz dürrem Zustande insbesondere verzeichnet sind, §. 163 174
Von dem hydrostatischen Senkwagen (Aräometern), besonders zum technischen Gebrauche, §. 164 bis 166 . . 177
Weitere Anwendung der Hydrostatik, §. 167 . . . 181

Inhalt.

Seite.

Fünftes Hauptstück.

Von der Bewegung der flüssigen Körper, vorzüglich des Wassers, oder von der Hydraulik.

Erster Abschnitt.

Ausfluß des Wassers durch Oeffnungen im Boden, oder in der Seitenwand der Gefäße.

Einleitung, §. 168 bis 171 183
Von der Bestimmung der Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers bey beständig vollen Gefäßen, §. 172 und 173 . 185
Von der Bestimmung der ausfließenden Wassermenge in einer gegebenen Zeit bey unveränderten Druckhöhen oder beständig vollen Gefäßen, §. 174 bis 178 188
Einige Anwendung hiervon, §. 179 190
Von der Bestimmung der Zeit der Ausleerung lothrecht stehender Gefäße, durch Oeffnungen im Boden oder in der Seitenwand, §. 180 191
Anwendung, §. 181 193

Zweyter Abschnitt.

Von dem Laufe der Flüsse.

Erklärungen einiger technischen Ausdrücke, §. 182 . . 195
Hinderniße, wodurch die beschleunigte Bewegung des fließenden Wassers gehemmt wird, §. 183 bis 185 196
Die Geschwindigkeit eines Stromes zu messen, §. 186
I. durch eine schwimmende Kugel . . . 200
II. vermittest des Pitot'schen Strommessers . . . 201
III. » » Voltmann'schen Flügels . . . 203
Die Geschwindigkeit des Wassers in einem Mühlgerinne zu bestimmen, §. 187 206
Die Wassermenge zu bestimmen, welche während einer bestimmten Zeit durch den Querdurchschnitt eines Flusses läuft, §. 188 und 189 207

Seite.

Dritter Abschitt.

Von dem Stoße des Wassers auf entgegengesetzte feste ebene Flächen.

Bestimmung der senkrechten Stoßkraft, §. 190 bis 192 . 208
Anwendung auf die Schätzung der Stoßkraft, mit welcher Stürme auf Waldbäume wirken, und daraus gefolgerter Schluß auf die Würdigung der forstmänn'schen Streitfrage: ob, und wo sogenannte Windstraßen zu durchhauen seyen, §. 193 und 194 210
Weitere Schlüsse, daß hohe, nahe an Flüssen stehende Bäume den Ufern sehr schädlich sind; und daß es der pract. Mechanik schwerlich gelingen dürfte, sogenannte Stockrod- und Baum-Wurfmaschinen von den gewünschten Eigenschaften zu construiren, §. 194 Zusatz 213
Vom Wasserstoß gegen feste Flächen von solcher Größe, daß das Wasser nicht frey abfließen kann, §. 195 und 196 . . 214
Bestimmung der schiefen Stoßkraft des Wassers, §. 197 . 217
Von der Größe des Wasserstoßes gegen bewegliche Flächen, §. 198 bis 200 218
Anwendung auf unter- und oberschlächtige Wasserräder, §. 201 bis 204 221

Vierter Abschnitt.

Einige Anwendung der hydrostatischen und hydraulischen Lehren auf das Schwemmen des Holzes.

Von den zur Holzschwemmung nöthigen Vorrichtungen überhaupt, §. 205 225
Von den erforderlichen Eigenschaften des Schwelldammes der Haupt- und Seitenklausen, §. 206 226
Von den nöthigen Eigenschaften des Holzrechens, §. 207 . 229
Vom Schwemmen des Holzes selbst, und zwar das Verfahren dabey von den Seitenklausen bis zur Hauptklause, §. 208. 231
Weiteres Verfahren bey dem Schwemmen von der Hauptklause bis zum Holzrechen, §. 209 235
Vortheile einer Holzschwemme, §. 210 239

Seite.

Fünfter Abschnitt.

Von der Bewegung des Wassers durch den Druck der Luft, mit Anwendung auf einige der im bürgerlichen Leben gebräuchlichsten Wassermaschinen.

Von der Wirkung des Hebers, woraus verschiedene Erscheinungen in der Natur erklärbar sind, nebst Anwendung desselben, §. 211 bis 214 241
Von den Wasserpump-Maschinen überhaupt, §. 215 . 245
Von den Saugwerken, §. 216 bis 219 . . . 246
Von den Druckwerken, §. 220 252
Von den vereinigten Saug- und Druckwerken, §. 221 . 254
Von der Verbindung der Saug- und Druckwerke mit Benutzung der Elasticität der Luft, §. 222 . . . 255
Von der Archimedischen Wasserschraube, §. 223 und 224 256

Einleitung.

§. 1.

Jeder Gegenstand, welchen wir vermittelst unserer äußeren Sinne wahrnehmen, wird Körper genennt. Der Stoff, aus welchem ein Körper besteht, und wodurch wir ihn von Körpern anderer Gattung unterscheiden, heißt die Materie, und die Menge der materiellen Theilchen zusammen genommen die Masse des Körpers. Die geometrische Begränzung der Materie heißt endlich die Ausdehnung oder das Volumen, oder auch der Kubikraum des Körpers. Die übrigen, für unseren Zweck hier anzuführenden allgemeinsten Eigenschaften der Körper erhellen kürzlich aus dem Folgenden. Fig.

§. 2.

Die Erfahrung lehrt, daß alle Körper in kleinere Theile zertheilt werden können. Diese Theilung geht bey manchen Körpern sowohl durch die Kunst, als durch die Natur fast ins Unendliche; obschon unsere beschränkten Sinne diese Theilung nicht immer wahrnehmen können. Folgende zwey Beyspiele mögen hierüber genügen.

1) Man löse ein Gran Karmin in Wasser auf, so macht diese Auflösung 400 Kubikzoll Wasser zu einer schönen rothen Farbe. Nun kann man annehmen, daß in jedem sichtbaren Theilchen dieser Flüssigkeit, etwa in der Größe eines Sandkornes, Ein Theilchen Karmin sich befinde, und daß eine Kubikzoll

Fig. ungefähr eine Million Körner des feinen Sandes in sich enthalte; also ist Ein Gran Karmin in 400 Millionen Theile getheilt worden.

2) Es gibt stark riechende Blumen, die eine Luftmasse von 40 Fuß im Durchmesser, also bey 32000 Kubikfuß Luft mit wohlriechenden Theilen erfüllen, die überdieß noch jeden Augenblick erneuert werden.

§. 3.

Alle bisher bekannten Körper haben mehr oder weniger Zwischenräume, die man Poren nennt, in welche feinere Körper eindringen, und die Auflösung derselben befördern können. Diese Poren sind bey einigen Körpern sehr sichtbar, wie bey Schwämmen, Bimssteinen u. dgl.; bey andern kann man sie nur durch Vergrößerungsgläser, oft auch nur durch Wirkungen der überzeugendsten Versuche erkennen.

§. 4.

Die Materie der Körper ist undurchdringlich, das heißt: denjenigen Raum, welchen ein Körper einnimmt, kann nicht zu gleicher Zeit auch ein anderer Körper einnehmen. Der feinere Körper kann zwar in die Zwischenräume des andern eindringen, wie z. B. Wasser in einen Schwamm, oder in Zucker; aber die Theile eines Körpers können nur dann den Raum der Theile eines andern Körpers einnehmen, wenn letztere daraus verdrängt werden.

§. 5.

Wir nennen einen Körper dichter als einen andern, wenn er weniger Zwischenräume als dieser hat, das ist: wenn er unter gleichem Kubikraume eine größere Menge materieller Theilchen enthält; und wir sagen alsdann, ein Körper habe mehr Masse als ein anderer, wenn jener unter gleichen Volumen weniger Zwischenräume als dieser enthält; so z. B. ist ein Stück Holz dichter, oder es enthält

mehr Masse, als ein gleich großes Stück Schwamm; eben so ist Buchenholz dichter als Tannenholz, weil bey jenem die Holztheilchen vermög ihrer natürlichen Structur näher beysammen liegen, also weniger Zwischenräume vorhanden sind, als bey diesem; folglich enthält ein Kubikschuh Buchenholz mehr Holzmasse als ein Kubikschuh Tannenholz. Fig.

Bey jedem Körper hängt demnach die Menge der materiellen Theilchen oder seine Masse davon ab, wie dicht jene Theilchen in dem Raume, den der Körper einnimmt, beysammen liegen. Man erhält daher die Masse eines Körpers, wenn man die Dichtigkeit desselben mit seinem Kubikraume multiplicirt; nähmlich wenn man die Masse eines Körpers mit M, seine Dichtigkeit mit D, und seinen Kubikraum mit K bezeichnet, so ist $M = D . K$. Der Kubikraum läßt sich nach stereometrischen Gründen bestimmen. Wie man aber die Dichtigkeit eines jeden Körpers findet, wird in der Folge gezeigt werden.

§. 6.

Die Dichtigkeit eines Körpers ist gleichförmig, oder ein Körper ist gleichförmig dicht, wenn in gleich großen Räumen oder Volumen gleich viele materielle Theilchen enthalten sind; im Gegentheile ist er ungleichförmig dicht. Sind zwey gleichförmig dichte Körper von einerley Materie, so werden sie gleichartige Körper genennt.

§. 7.

Körper werden ferner unterschieden: 1) in feste, 2) in tropfbar flüssige, und 3) in elastisch flüssige Körper. Ein Körper wird fest genennt, wenn seine Theile so zusammen hängen, daß ihre Verbindung und Lage gegen einander auch durch den stärksten Stoß oder Druck nicht merklich verändert wird. In dem Verhältnisse, als feste Körper schwerer oder leichter mechanisch sich trennen lassen, heißen sie harte oder weiche Körper. Absolut harte Körper, welche je-

Fig. der trennenden Gewalt widerstehen, gibt es der Erfahrung gemäß nicht. Härte und Weichheit lassen unzählige Abstufungen zu, deren Gränzen sich mit Zuverlässigkeit nicht angeben lassen.

Bey einigen festen Körpern lassen sich die Theilchen derselben verschieben, ohne daß dadurch ihr Zusammenhang aufgehoben wird; diese heißen geschmeidige, zähe, dehnbare, streckbare Körper. Bey andern hingegen können die Theilchen, ohne daß sie zerreißen, und ihren Zusammenhang verlieren, nicht verschoben werden; man nennt dieselben spröde Körper. Auch Sprödigkeit und Geschmeidigkeit lassen manche Abstufungen zu.

Bey festen Körpern äußert sich auch eine Federkraft, Springkraft dadurch, daß die vermittelst einer äußern Gewalt entfernten oder genäherten Theile ihre vorige Lage mit Schnelligkeit wieder einnehmen, sobald die äußere Gewalt nachläßt; man nennt solche Körper auch elastisch.

Körper werden überhaupt flüssig genennet, wenn ihre Theile jedem Drucke ohne merklichen Widerstand nachgeben, mit einander nicht verbunden sind, und sich sehr leicht bewegen lassen, daher jede Gestalt oder Form annehmen, ohne eine zu behalten. Bey den tropfbar flüssigen Körpern insbesondere nehmen wir durch unsere Sinne einen Zusammenhang ihrer Theile wahr; bey den elastisch-flüssigen Körpern hingegen können wir durch unsere äußeren Sinne keinen Zusammenhang ihrer Theile wahrnehmen.

In der Folge wird, der Kürze wegen, ein fester Körper mit dem bloßen Worte: Körper, hingegen ein flüssiger Körper jedes Mahl mit dem Beyworte »flüssig« bezeichnet werden.

§. 8.

Jeder Körper ist schwer, d. h., jeder um uns her befindliche Körper fällt, wenn er nicht unterstützt ist, gegen die Erde, oder er preßt und drückt die Hand oder jede andere Unterlage, die ihn unterstützt. Läßt man einen Körper frey fallen, oder an einer Schnur frey hangen, so heißt man die Linie,

welche der freye Fall des Körpers, oder der gespannte Faden Fig.
vorstellt, die Richtung der Schwere, oder auch eine Verticallinie. Das Bestreben eines Körpers, gegen die Erde herab zu fallen, oder der Druck gegen das, was ihn unterstützt, heißt sein Gewicht.

Dieses Bestreben, dieser Druck läßt sich einiger Maßen durch das Anziehen der Erde erläutern, welches die Schwere genennet wird. Man stellt sich nähmlich vor, daß jedes noch so kleine Theilchen eines Körpers von der Erde angezogen werde, obschon unser allzubegränzter Verstand nicht einsehen kann, wie eigentlich dieses Anziehen geschieht. Es werden aber gleich große Theile der Materie, bey was immer für verschiedenen Körpern gleich stark angezogen, und äußern gleiches Bestreben, gegen die Erde herab zu fallen; denn genaue Versuche zeigen, daß Körper von verschiedenen Massen, z. B. ein Stück Gold und ein Stückchen von einer Flaumfeder in luftleerem, (luftverdünntem) Raume durch den freyen Fall in der nähmlichen Zeit gleiche Wege zurück legen, welches nicht geschehen konnte, wenn nicht ein jedes materielle Theilchen in der Flaumfeder eben so stark von der Erde angezogen würde, als jedes eben so große materielle Theilchen des Goldes, wenn auch die Masse desselben größer ist, als die Masse der Flaumfeder.

Daß wir dieses Naturgesetz bey dem Falle der Körper in der athmosphärischen Luft nicht wahrnehmen, kommt daher, weil sie hier nicht frey fallen können, indem die Luft das Annähern der verschiedenen Körper gegen die Erde verschiedentlich verzögert. Wir können daher sagen, die Körper sind gleich schwer, nicht aber, die Körper haben gleiche Gewichte.

Im gemeinen Leben pflegt man unter dem Worte Schwere eines Körpers unrichtig sein Gewicht zu verstehen. Wir aber verstehen in der Folge unter dem Worte: Schwere jedes Mahl das Anziehen der Erdkugel, nähmlich dasjenige, was den Fall der Körper, wenn sie nicht unterstützt sind, und den Druck gegen die Unterlage, welche sie unterstützt, verursa-

Fig. chet. Unter Gewicht hingegen soll jederzeit der wirkliche Druck eines Körpers gegen die Unterlage, die ihn unterstützt, verstanden werden.

§. 9.

Wenn ein Körper mit seiner ganzen Schwere ungehindert auf eine Unterlage druckt, so wird dieser Druck ein absoluter Druck genennt; kann er aber wegen irgend eines Hinderniſſes nur mit einem Theile seiner Schwere auf eine Unterlage drücken, so heißt ein solcher Druck ein respectiver Druck. So z. B. übet ein Körper auf eine horizontale Unterlage einen absoluten Druck aus, und in diesem Falle kann der Körper betrachtet werden, als wenn er keine Schwere hätte, weil diese von der horizontalen Unterlage gänzlich getragen und aufgehoben wird; hingegen kann ein Körper auf eine schiefliegende Unterlage nur einen respectiven Druck ausüben, weil ein Theil der Schwere den Körper antreibt, über die schiefe Unterlage hinab zu rollen, oder zu glitschen, und dieser Theil also für den Druck auf die Unterlage verloren geht.

§. 10.

Den Weg, welchen ein Körper in einem bestimmten Orte vermöge der Anziehung der Erdkugel durch den freyen Fall in der ersten Secunde zurück legt, heißt die Beschleunigung der Anziehung, oder die Beschleunigung der Schwere. In und bey Wien beträgt die Beschleunigung der Schwere 15,5 1512 Wiener Schuhe. Wie man diese gefunden hat, wird weiter unten gezeigt werden. In der Ausübung kann man ohne merklichen Fehler die Beschleunigung der Schwere 15,5 = 15 $\frac{1}{2}$ Wiener Schuh setzen.

§. 11.

Da vermöge des vorigen §. 8. gleiche materielle Theilchen, von noch so verschiedenen Körpern, von der Erde gleich stark angezogen werden, und Unterlagen, welche sie im Fallen hindern, gleich stark drücken, mithin gleiches Gewicht haben, so haben auch Körper von gleichen Massen, d. i., die gleich viele materielle Theilchen enthalten, gleiche Gewichte; denn das Ge-

wicht eines jeden Körpers besteht aus der Summe der Ge- Fig.
wichte aller seiner materiellen Theilchen.

Wenn daher die Masse eines Körpers 2, 3, 4 . . . oder n Mahl größer als die Masse eines andern Körpers ist, so ist auch das Gewicht des ersten 2, 3, 4 . . . oder n Mahl größer, als das Gewicht des zweyten; d. h. die Massen verschiedener Körper verhalten sich gegen einander wie ihre Gewichte. Die Masse eines Körpers und sein Gewicht dienen demnach einander wechselweise zum Maßstabe, auf ähnliche Art, wie man die Größe der geradlinigen Winkel vermittelst der Kreisbögen schätzt, die zwischen ihren Schenkeln beschrieben werden; d. i., man kann im erforderlichen Falle anstatt der Masse eines Körpers sein wirkliches Gewicht setzen, und umgekehrt. Man hat wirklich allenthalben für den Maßstab des Gewichtes der Körper gewisse kleine körperliche Massen angenommen, die man Pfunde nennt, und sie in mehrere kleine gleiche Theile abgetheilt.

Das Wiener Handelspfund, dessen wir uns in der Folge, wenn nicht ein anderes Gewicht ausdrücklich angezeigt ist, durchaus bedienen werden, ist so beschaffen, daß ein Wiener Kubikschuh destillirtes Regenwasser 56 3/8 Pfund wiegt. — Des Wortes Masse eines Körpers bedienet man sich gewöhnlich dazumahl, wenn man die Schwere, d. i., die Anziehung des Körpers gegen die Erde außer Acht läßt.

§. 12.

Bezeichnet man bey zwey gleichförmig dichten Körpern A und B die Massen derselben mit M und m, die Dichtigkeiten mit D und d, die Kubikinhalte mit K und k, und endlich die Gewichte derselben mit G und g; so kann man vermöge der nun angeführten Erklärungen folgende Sätze ableiten.

I. Vermög §. 5. ist $M = D \cdot K$, und aus eben diesem Grunde ist auch $m = d \cdot k$

also auch $M : m = D \cdot K : d \cdot k$ (Rk. 44. I)*

d. h. die Massen zweyer verschiedenen Kör-

*) Die Zurückweisungen auf die Nro. der Paragraphe meiner Rechenkunst und Geometrie wird bloß mit Rk. und Geom.,

Fig. per verhalten sich gegen einander, wie die Producte aus den Dichtigkeiten in ihre Kubikinhalte.

1.) Ist K = k, so wird M : m = D : d, d. h., bey zwey gleich großen Körpern verhalten sich die Massen wie ihre Dichtigkeiten.

2.) Ist D = d, so wird M : m = K : k, nähmlich, bey Körpern von gleicher Dichtigkeit verhalten sich die Massen wie ihre Kubikinhalte.

3.) Ist M = m, so wird auch D . K = d . k. mithin auch D : d = k : K (Nr. 204. II. und 207.), nähmlich bey zwey Körpern von gleicher Masse verhalten sich die Dichtigkeiten wie umgekehrt ihre Kubikinhalte.

II. Vermög §. 11. verhalten sich die Massen zweyer verschiedenen Körper wie ihre Gewichte, nähmlich:

M : m = G : g, und vermöge des Vorigen in I. ist

M : m = D . K : d . k, daher auch

G : g = D . K : d . k.

1.) Ist K = k, so wird G : g = D : d; d. i., bey zwey gleich großen Körpern verhalten sich ihre wirklichen Gewichte, wie die Dichtigkeiten derselben.

2.) Ist D = d, so wird G : g = K : k; nähmlich bey Körpern von gleicher Dichtigkeit verhalten sich die wirklichen Gewichte wie ihre Kubikräume. Man kann daher aus dem wirklichen Gewichte eines ganz unregelmäßigen Körpers seinen Kubikinhalt bestimmen, wenn auch noch das wirkliche Gewicht eines Kubikschuhes dieser Materie bekannt ist; denn es ist G : g = K : 1

und $K = \frac{G}{g}$; nähmlich wenn man das wirkliche Ge-

und mit dem Nro., ohne Zeichen des Paragraphes; hingegen die Zurückweisung auf die Paragraphe der vorliegenden Schrift mit §. 1., §. 2. u. s. w. bezeichnet werden.

wicht eines Körpers durch das Gewicht Eines Kubikschuhes dieser Materie dividirt, so erhält man den Kubikinhalt desselben. Fig.

3.) Ist endlich G = g, so wird auch D . K = d . k, wie oben in I. 3.)

Aus §. 11. und vermöge des vorigen in I, 1.) und II. 1.) erhellet, daß im erforderlichen Falle, anstatt der Dichtigkeiten der Körper ihre Massen, oder auch ihre wirklichen Gewichte gesetzt werden können.

§. 13.

Das eigenthümliche oder specifische Gewicht der Materie, oder des Stoffes, woraus die für gleichförmig dicht angenommene Masse eines Körpers besteht, ist das wirkliche Gewicht eines als Einheit angenommenen Theiles dieser Materie, gewöhnlich Ein Kubikschuh, zuweilen auch Eine Kubikzoll. Unter dem absoluten Gewichte eines Körpers versteht man dasjenige, welches ihm ohne Rücksicht auf seinem Raum zukommt.

§. 14.

Das specifische Gewicht eines Körpers hängt demnach von der Menge der materiellen Theilchen ab, in so ferne diese mit den materiellen Theilchen eines andern Körpers von gleich großem Kubikraume verglichen wird; denn es ist klar, daß z. B. Ein Kubikfuß eines Körpers A, dessen materielle Theile 2, 3 . . . oder n Mahl dichter liegen, als die Theile eines andern Körpers B, in demselben Kubikraume, auch ein 2, 3 . . . oder n Mahl größeres specifisches Gewicht haben muß, als Ein Kubikfuß des Körpers B; mithin verhalten sich die specifischen Gewichte der Körper eben so gegen einander, wie ihre Dichtigkeiten; nähmlich S : s = D : d, wenn man die specifischen Gewichte mit S und s bezeichnet. Weil nun die wirklichen Gewichte der Körper sich auch so gegen einander verhalten, wie ihre Dichtigkeiten, vermög §. 12. II. 1), nähm-

Fig. lich: G : g = D : d; so verhält sich auch G:g = S:s, d. h. die wirklichen Gewichte der Körper von gleichem Kubikraume verhalten sich auch wie ihre specifischen. Mit einem Worte: Es sind die Verhältnisse alle gleich M : m = D : d = K : k = G : g = S : s.

§. 15.

Da die Vergleichung der specifischen Gewichte der Körper gewöhnlich mit Regen- oder Schneewasser *) geschieht, so ist das specifische oder eigenthümliche Gewicht eines Körpers diejenige Zahl, welche anzeigt, wie viel Mahl das eigenthümliche Gewicht des Regenwassers in dem eigenthümlichen Gewichte des gegebenen Körpers enthalten ist. Denn vermög des Vorigen verhält sich G : g = S : s; bezeichner nun G von irgend einer Materie das wirkliche Gewicht Eines Kubikschuhes, dessen specifisches Gewicht = S man wissen will; g das wirkliche Gewicht Eines Kubikschuhes Regenwasser, und s sein specifisches Gewicht, welches gewöhnlich = 1 gesetzt wird: so ist aus der obigen Proportion G : g = S : 1; und endlich $S = \frac{G}{g}$; und G = S . g.

§. 16.

Wenn ein Körper seinen Ort verändert, so sagt man, er bewege sich; wenn aber ein Körper auf eine kürzere oder längere Zeit den nähmlichen Ort einnimmt, so sagt man, er ruhe. Bewegung eines Körpers ist also nichts anders, als die Veränderung seines Ortes, und Ruhe ist die Beharrung an einem nähmlichen Orte.

*) Weil diese Flüssigkeit aller Orten leicht und von gleichförmiger Dichtigkeit zu haben ist; jedoch muß solche, um es desto reiner zu erhalten, nicht von Dächern, sondern unter freyen Himmel aufgefangen, und überdieß, wenn es nöthig wäre, durch feine Leinwand filtrirt und ausgekocht werden.

Bey dem Begriffe Bewegung eines Körpers denkt man sich Fig. zugleich:

a. eine Ursache (Kraft) welche bewegt,
b. einen Weg oder Raum, auf, und in welchem die Bewegung geschieht,
c. eine Zeit, während welcher der Körper bewegt wird, und endlich
d. eine Geschwindigkeit, mit welcher der bewegte Körper den Weg durchläuft.

§. 17.

Alles dasjenige, was als außersinnliche Ursache angesehen werden kann, daß ein ruhender Körper in Bewegung gesetzt, oder die Bewegung eines Körpers verändert wird, es mag nun eine Wirkung erfolgen oder nicht, wird Kraft genennt. Die Kraft äußert sich gegen einen Körper entweder bloß durch einen Stoß, und hört dann gänzlich zu wirken auf, in welchem Falle die Kraft eine Stoßkraft genennt wird; oder aber die Kraft äußert sich durch eine Pressung, durch Ziehen, durch einen Widerstand u. dgl., sie wirkt noch länger auf den bewegten Körper fort, und verursacht, daß er sich schneller oder langsamer bewege, und in diesem Falle heißt sie eine Ziehkraft.

Kann eine Kraft ihr volles Vermögen ohne Hinderniß gegen einen Gegenstand ausüben, so heißt sie eine absolute Kraft; kann sie aber, irgend eines Hindernisses wegen, ihr volles Vermögen nicht ausüben, so heißt sie eine respective Kraft. Z. B. wenn ein Mensch bey einer Arbeit eine vortheilhafte Leibesstellung nehmen, und seine ganze Stärke anwenden kann, so übet er eine absolute Kraft aus; kann er aber wegen einer unbequemen Leibesstellung seine ganze Stärke nicht gebrauchen, so ist die ausübende Kraft nur eine respective Kraft.

Zu den Kräften rechnet man:

1.) Die Schwerkraft, welche das Sinken und Fallen der Körper verursachet, wenn sie nicht unterstützt sind. Durch sie werden verschiedene Maschinen in Bewegung gesetzt, und in derselben erhalten. Z. B. Uhren u. dgl.

Fig. 2.) Die Anziehungskraft, welche verschiedene Körper gegen andere äußern. Vorzüglich ist dieselbe dem Magnete eigen; hierdurch werden verschiedene künstliche Bewegungen hervor gebracht.

3.) Das Vermögen der Menschen und Thiere, verschiedene Lasten theils frey fortzutragen, theils durch künstliche Rüstzeuge oder Maschinen zu bewegen.

4.) Das fließende Wasser und die fortströmende Luft, (der Wind), wodurch verschiedene Mühlen und andere Maschinen bewegt werden.

5.) Die zusammen gepreßte Luft, wodurch eine Kugel aus einer Windbüchse getrieben, und das Wasser bey verschiedenen Wassermaschinen gehoben wird.

6.) Die Elasticität der Metall-Federn, wodurch verschiedene Uhren und andere Maschinen, wie auch Wasserdämpfe, wodurch gegenwärtig verschiedene große Maschinen in Bewegung gesetzt werden, u. m. dgl.

§. 18.

Die Länge der Linie (diese mag gerade oder krumm seyn), welche ein bewegter Körper beschreibt, wird der zurück gelegte, oder der durchlaufene Weg, oder auch der Raum genennet, (welcher aber von dem geometrischen Raume zu unterscheiden ist). Wenn der bewegte Körper immer nach einer nähmlichen Richtung fortgeht, so nennt man die Bewegung geradlinig; ändert er aber jeden Augenblick seine Richtung, so heißt die Bewegung krummlinig.

§. 19.

Unter der Zeit, von welcher hier die Rede ist, versteht man die Dauer vom Anfange bis zum Ende der Bewegung eines Körpers. Sie wird nach Minuten und Secunden gemessen.

Wir werden in der Folge, wenn nicht ausdrücklich ein anderes Zeitmaß angeführt wird, für die Einheit der Zeit Eine Secunde annehmen, deren bekanntlich 60 auf eine Minute, so wie 60 Minuten auf eine Stunde gerechnet werden.

Zuweilen wird auch eine Secunde oder eine beliebige Anzahl derselben vermög unserer Vorstellung in unendlich kleine Theile, oder nur in so viele gleiche Zeittheile zertheilt, daß

man einen solchen Theil in Rücksicht Einer oder mehrerer Secunden für Null ansehen kann. Fig.

§. 20.

Das durch eine Kraft erhaltene Vermögen, oder die Fähigkeit eines Körpers in einer bestimmten Zeit, z. B. in 1 Secunde, einen bestimmten Weg oder Raum gleichförmig zurück zu legen, heißt seine Geschwindigkeit. Ein Körper legt einen Weg gleichförmig zurück, wenn er in jedem gleichen Zeittheil gleich große Längen durchläuft, und man nennt eine solche Bewegung gleichförmig. Die Zeiger an der Uhr sind ein Beyspiel hiervon. Im Gegentheile ist die Bewegung ungleichförmig.

Wir haben von der Geschwindigkeit eines Körpers nur bey der gleichförmigen Bewegung eine deutliche Vorstellung. Denn nur hier kann sie durch einen in bestimmter Zeit zurück gelegten Raum gemessen werden, weil dieser in gleichen Zeittheilen gleich ist, da hingegen bey der ungleichförmigen Bewegung die durchlaufenen Räume in jeden gleichen Zeittheil verschieden sind. Um demnach die Geschwindigkeit bey der ungleichförmigen Bewegung beurtheilen zu können, müssen wir diese Bewegung auf die gleichförmige zurück führen, wie wir in der Folge sehen werden.

Die Geschwindigkeit eines wirklich gleichförmig bewegten Körpers wird gewöhnlich durch den Weg ausgedrückt, welchen er in Einer Secunde durchläuft. Hat ein Körper, z. B., in 5 Secunden einen Weg von 80 Fuß zurück gelegt, so ist seine Geschwindigkeit $= \frac{80}{5} = 16$ Fuß.

§. 21.

Die ungleichförmige Bewegung wird eine beschleunigte genennet, wenn der bewegte Körper in jedem folgenden gleichen Zeittheile einen größern Weg zurück legt, als in dem vorhergehenden; im Gegentheile heißt sie eine verzögerte Bewegung. Wachsen bey der beschleunigten Bewegung in gleichen

Fig. Zeittheilen die zurückgelegten Wege und Geschwindigkeiten immer in gleichen Verhältnissen, d. i., wenn z. B. nach einem 3 Mahl so großen zurück gelegten Weg auch die Geschwindigkeit 3 Mahl, und nach einem 6fachen Weg auch die Geschwindigkeit 6 Mahl größer geworden ist, u. s. w., so heißt die Bewegung gleichförmig zunehmend, oder gleichförmig beschleunigt. Ein Beyspiel hiervon ist das freye Fallen der schweren Körper. Nehmen aber die Räume und Geschwindigkeiten während gleichen Zeittheilen in gleichen Verhältnissen ab, so wird die Bewegung eine gleichförmige abnehmende genennt. Ein Beyspiel hiervon gibt ein gerade in die Höhe geworfener schwerer Körper.

§. 22.

Wird ein Körper nur durch eine einzige Kraft in Bewegung gesetzt, so heißt diese eine einfache Bewegung, wirken aber mehrere Kräfte zugleich auf einen Körper, um ihn in Bewegung zu setzen, so heißt sie eine zusammengesetzte Bewegung. Wirken mehrere Kräfte auf einen Körper dergestalt, daß sie sich gegen einander gänzlich aufheben, und deßwegen keine Bewegung hervor bringen können, so sagt man, daß sie im Gleichgewichte sind, oder daß sie einander das Gleichgewicht halten. Gleichgewicht ist demnach der Zustand zweyer oder mehrerer Kräfte, die nach entgegen gesetzten Richtungen so wirken, daß keine Bewegung erfolgen kann.

Gleichgewicht ist von bloßer Ruhe darin unterschieden, daß bey dieser ein gänzlich unthätiger Zustand aus Mangel aller Kräfte ist; bey jenen hingegen sind Kräfte in Thätigkeit, die nur deßhalb keine Bewegung hervor bringen, weil sie sich gegenseitig aufheben.

§. 23.

Grundsätze.

I. Keine Wirkung kann ohne dem Daseyn einer dazu erforderlichen Ursache geschehen.

II. Gleiche Ursachen bringen unter einerley Umständen auch gleiche Wirkungen hervor.

III. Die Wirkungen, welche von verschiedenen Ursachen auf einerley Art hervor gebracht werden, verhalten sich gegen einander, wie ihre Ursachen. Fig.

§. 24.

Naturgesetz.

Jeder Körper bleibt im Zustande der Ruhe, oder der Bewegung so lange unverändert, bis er durch eine Ursache (Kraft) veranlaßt wird, ihn zu ändern. Denn ist ein Körper im Zustande der Ruhe, und er soll aus dieser Ruhe in Bewegung gesetzt werden, so wird sein Zustand geändert, wozu aber vermöge des vorigen Grundsatzes I eine Ursache vorhanden seyn muß, die wir vermög §. 17. Kraft nennen; also muß jedes Mahl eine Kraft auf einen ruhenden Körper wirken, wenn er bewegt werden soll. Ist aber ein Körper in Bewegung, und er soll in Ruhe übergehen, so muß ebenfalls eine Ursache, also eine Kraft vorhanden seyn, welche den Körper verhindert, sich ferner fort zu bewegen. Dieses so eben angeführte Naturgesetz nennt man dem Beharrungsstand der Materie.

Sonst hat man dieses Gesetz mit dem Worte: Trägheit bezeichnet. Dieses Wort war wohl nicht glücklich gewählt, um den Beharrungszustand der Bewegung eines Körpers zu bezeichnen, da das Wort Trägheit in seiner ursprünglichen Bedeutung eine Abneigung für Bewegung ausdrückt. Herr Prof. Neumann bemerkt in seinem Lehrbuche der Physik sehr passend, daß es sonderbar klingt, wenn ein schnell bewegter Körper aus lauter Trägheit immer mit derselben Geschwindigkeit forteilen soll.

§. 25.

Die Lehre von den Gesetzen der Bewegung der Körper, und von den Kräften, welche diese Bewegungen verursachen, heißt im weitläufigsten Verstande die Mechanik oder die Bewegungskunst (Maschienenlehre). Die Körper, welche bewegt werden, und bey denen man die Gesetze der Bewegung untersucht, sind entweder feste oder flüssige Körper. Beyderley Körper können in zweyerley Zustande betrachtet werden,

Fig. im Zustande des Gleichgewichtes und im Zustande der Bewegung. Betrachtet und bestimmt man nur das Gleichgewicht der festen Körper, so nennt man dieses die Statik (Gleichgewichtslehre); zieht man aber die Bewegung derselben in Betrachtung, so ist dieses ein Gegenstand der eigentlichen Mechanik, und zwar: Mechanik der festen Körper.

Die Lehre von dem Drucke und dem Gleichgewichte der flüssigen Körper heißt Hydrostatik, und die Lehre von der Bewegung derselben die Hydraulik. Alle die hier genannten mechanischen Wissenschaften, und noch mehrere andere, werden unter dem allgemeinen Nahmen der angewandten Mathematik begriffen. (Rk. 8.)

Wir werden aus den vorhin genannten drey Wissenschaften nur das für uns Nothwendigste und Nützlichste heraus heben.

Erstes Hauptstück.

Von der einfachen und zusammengesetzten Bewegung.

Erster Abschnitt.

Von der gleichförmigen Bewegung und von der Grösse derselben.

§. 26.

Der Raum, welchen ein gleichförmig bewegter Körper in einer gewissen Zeit durchläuft, ist gleich dem Producte aus der Zeit mit der Geschwindigkeit. Fig.

Da bey dieser Bewegung in gleichen Zeittheilen gleiche Räume zurück gelegt werden (§. 20.), und der in Einer Secunde zurück gelegte Weg oder Raum auch zugleich die Geschwindigkeit des Körpers bezeichnet, so sey der in Einer Secunde zurück gelegte Raum . . . = G Schuhe
mithin wird er in 2 Secunden den Raum = 2 G "
" " 3 " " " = 3 G "
u. s. w.
und allgemein in Z Secunden den Raum = Z . G Schuh zurück legen; folglich wird der ganze in der Zeit Z mit der Geschwindigkeit G zurück gelegte Weg oder Raum R = Z . G seyn.

Aus eben diesem Grunde ist für eine andere Geschwindigkeit = g und Zeit = z der durchlaufene Raum
r = g . z und vermöge des Vorigen ist
R = Z . G; folglich verhält sich (vermög §. 44. I. u. 198)
R : r = Z G : g z . . . . . (A)

Fig

das heißt: Räume, welche mit gleichförmiger Bewegung durchlaufen werden, verhalten sich so gegen einander, wie die Producte aus den Zeiten in die Geschwindigkeiten.

Aus dieser Proportion folgt auch:

1.) $\frac{R}{Z} : \frac{r}{z} = G : g$ oder $Rz : rZ = G : g$ oder $G : g = Rz : rZ$. (Rk. 208. V. u. VI.)

das heißt: bey der gleichförmigen Bewegung sind die Geschwindigkeiten in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Räume, und dem verkehrten der Zeiten. Ferner findet man aus der obigen Proportion in (A) auf eine ähnliche Art:

2.) $Z : z = R.g : r.G$.

d. h., bey dieser Bewegung sind die Zeiten in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus dem geraden der Räume und dem verkehrten der Geschwindigkeiten.

3.) Sind die Zeiten gleich, so verhalten sich $R : r = G : g$, nähmlich, die Räume wie die Geschwindigkeiten.

4.) Bey gleichen Geschwindigkeiten verhalten sich die durchlaufenen Räume wie die Zeiten, d. i. $R : r = Z : z$.

5.) Sind endlich die Räume gleich, so stehen die Geschwindigkeiten mit den Zeiten in verkehrter Proportion: nähmlich es ist sodann

$$G : g = z : Z.$$

§. 27.

Die drey Größen, die Geschwindigkeit = G Schuhe, die Zeit = Z Secunden, und der in dieser Zeit zurück gelegte Weg oder Raum = R Schuhe bey einer jeden gleichförmigen

Bewegung, sie möge geradlinig oder krummlinig seyn, sind also beschaffen, daß sich aus zwey gegebenen oder für bekannt angenommenen Größen jederzeit die dritte bestimmen läßt; es ist nähmlich: Fig.

$$R = Z.G;\ G = \frac{R}{Z},\ \text{und}\ Z = \frac{R}{G}.$$

Es sey z. B. der Weg eines 2700 Schuh entfernten Ortes in 15 Secunden mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurück gelegt worden, so war die Geschwindigkeit des bewegten Körpers

$$G = \frac{R}{Z} = \frac{2700}{15} = \frac{2700}{15 \cdot 60} = \frac{2700}{900} = 3 \text{ Schuh}$$

in jeder Secunde; und so in andern ähnlichen Fällen.

§. 28.

In der wirklichen Gleichung $R = Z.G$ bedeutet Z eine Absolutzahl, einen Coeficienten von G, weil R und also auch Z.G nur eine Länge, nur einen linearischen Ausdruck vorstellet. Bildet man demnach bey der gleichförmigen Bewegung den durchlaufenen Raum durch ein Rechteck ABCD ab, 1.
bey welchem eine Seite AB die Zeit $= Z$ und die andere BC die Geschwindigkeit $= G$ vorstellet *), so ist dieses so zu verstehen, daß bey zwey mit ungleichen Geschwindigkeiten gleichförmig bewegten Körpern, die in ungleichen Zeiten zurück gelegten Räume oder Wege sich gegen einander verhalten, wie die Rechtecke aus den Zeiten und Geschwindigkeiten, wenn man diese beyde durch Linien vorstellet, welches auch aus der Proportion (A) in §. 26. deutlich erhellet.

Dieses durch ein Beyspiel anschaulicher zu machen, sey in Fig. 1. die Linie AB die Zeit $= Z = 3$ Secunden, und die Geschwindigkeit $BC = G = 9$ Schuhe; so ist der mit dieser

*) Daß jede mögliche Größe durch eine gerade Linie vorgestellt und ausgedrückt werden kann, bedarf für denjenigen kaum einer Erinnerung, der den richtigen Gebrauch des geometrischen Maßstabes versteht.

Fig. 1. und 2. Geschwindigkeit in der gegebenen Zeit durchlaufene Weg oder Raum R = 3 . 9 = 27 Schuhe.

Es sey ferner in dem Rechtecke ABCD (Fig. 2.) AB = der Zeit = 8 Secunden, und BC = der Geschwindigkeit = 12 Schuhe, so ist der durchlaufene Raum = 8 . 12 = 96 Schuhe; mithin verhalten sich die mit diesen verschiedenen Geschwindigkeiten in den verschiedenen Zeiten zurück gelegten Räume, wie diese Rechtecke, oder wie die Zahlen 27 : 96, oder wie 9 : 32.

Von der Größe der Bewegung.

§. 29.

Die Größe (auch Menge) der Bewegung hängt offenbar von der bewegten Masse und von der Geschwindigkeit ab, mit welcher die Masse bewegt wird. Denn wenn man einen Körper (z. B. von 1 Pfund) mit der Geschwindigkeit 1 (ein Schuh) bewegt, so macht er auf einen andern Körper eine gewisse Wirkung. Bewegt man jenen nähmlichen Körper doppelt so geschwind, (also mit 2 Schuh), so wird er gewiß doppelt so viel wirken, als im vorigen Falle; und derselbe Körper mit der 6fachen Geschwindigkeit bewegt, wird auch eine 6fache Wirkung im Vergleich mit dem ersten, und eine 3fache Wirkung im Vergleich mit dem zweyten Falle hervor bringen. Eben so wird ein Körper von doppelt so großer Masse, (z. B. von 2 Pf.) doppelt so viel wirken, als ein anderer Körper von einfacher Masse (von 1 Pf.) mit der nähmlichen Geschwindigkeit (z. B. mit 3 Schuh); und wenn man einen Körper von einer 5fachen Masse eben so geschwind, wie jenen von der einfachen Masse bewegt, so wird er ganz gewiß eine 5fache Wirkung hervor bringen, vermög §. 23. Grundsf. III. Die Größe der Bewegung oder die Wirkung, welche ein gleichförmig bewegter Körper auf einen andern hervor bringt, ist demnach nichts anders, als ein Product aus der bewegten Masse in die Geschwindigkeit, mit welcher diese Masse gleichförmig bewegt wird. Man nennt dieses Product die Bewe-

gungsgröße, oder das Bewegungs-Moment. Bezeichnet man daher diese Kraft, oder die Bewegungsgröße allgemein mit K, die Masse mit M, und die Geschwindigkeit mit G, so ist $K = M . G$; das Moment der Bewegung erhält man demnach: wenn man die bewegte Masse mit der Geschwindigkeit multiplizirt. Da aus eben diesem Grunde für eine andere Masse $= m$, und Geschwindigkeit $= g$ die Bewegungsgröße $k = m . g$, und vermög des Obigen Fig.

$K = M . G$ ist,

so ist auch $K : k = M . G : m . g$; d. h., wenn sich zwey Körper von verschiedenen Massen und ungleichen Geschwindigkeiten gleichförmig bewegen, so verhalten sich die Bewegungskräfte wie die Producte aus den Massen in ihre Geschwindigkeiten.

Setzt man in die so eben gefundene Proportion 1) $M = m$; sodann 2) $G = g$, und 3) $K = k$; so erhält man

1.) $K : k = G : g$, das heißt: wenn die bewegten Massen gleich sind, so verhalten sich die Bewegungsgrößen wie die Geschwindigkeiten; sodann

2.) $K : k = M : m$, das ist: sind die Geschwindigkeiten der zwey bewegten Massen gleich, so verhalten sich die Bewegungskräfte wie die Massen; endlich

3.) Wenn $K = k$ ist, so wird $M . G = m . g$, daher $M : m = g : G$, d. h., wenn bey zwey Körpern die Bewegungskräfte gleich sind, so stehen die bewegten Massen mit den Geschwindigkeiten in verkehrter Proportion, u. s. w.

Wie sehr bey der Größe der Bewegung der Abgang der Masse durch die Geschwindigkeit ersetzt wird, lehrt die Erfahrung zur Genüge. So z. B. fürchtet sich kein Mensch, von einer aus der Hand geworfenen Gewehrkugel viel beschädiget zu werden; aber eben diese Kugel aus einem Gewehre geschossen, zerschmettert die stärksten Knochen. Eben so ist die Wirkung des

Fig. Schlages ungemein groß, im Vergleich mit der Wirkung des Druckes. So z. B. kann man mit einem einige Lothe schweren Hammer, welchen man mit dem Schwung der Hand eine gewisse Geschwindigkeit beybringt, einen Nagel in einem Balken so befestigen, daß man sodann einige hundert Pfunde Kraft anwenden muß, um ihn wieder heraus zu ziehen, auf welchen man aber einige Zentner hätte auflegen müssen, um ihn vermittelst des Druckes eben so zu befestigen. Die Erfahrung zeigt ferner, daß ein Schlag mit einem Hammer von 5 Pf. ungefähr dieselbe Wirkung macht, als ein Druck von 500 Pf., und daß ein Schlag mit einem Hammer von 12 Pf. so viel wirkt, als ein bloßer Druck von 1000 Pfund.

Zweyter Abschnitt.

Von der gleichförmig beschleunigten Bewegung.

§. 30.

Bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung, wie wir sie beym Falle der schweren Körper wahrnehmen, fängt die Geschwindigkeit von Null an, und wächst mit jedem gleichen Zeittheilchen um gleich viel, d. h., wenn z. B. nach dem 1ten Zeittheil die Geschwindigkeit = g ist,
so ist sie mit Ende des 2ten Zeittheiles = 2 g
= = = 3ten = = 3 g
u. s. w.,
man kann sich nähmlich vorstellen, daß ein Körper durch die Schwerkraft, welche ununterbrochen auf ihn wirkt, in dem ersten Augenblick einen Stoß erhält, durch welchen derselbe (vermög seinem Beharrungsstand (§. 24.) mit gleichförmiger Geschwindigkeit weiter fortgetrieben würde, wenn nicht durch ununterbrochen wiederhohlte gleiche Stöße in dem 2ten und jedem nachfolgenden Zeittheilchen der Körper gleichen Zuwachs an Geschwindigkeit erhielte, und also gleichförmig beschleunigt sich fortbewegen müßte. Es läßt sich daher diese Bewegung auf folgende Art geometrisch construiren.

§. 31.

Es stelle die gerade Linie A B die Zeit vor, während welcher ein Körper gleichförmig beschleunigt sich bewege. Man theile diese Linie in sehr kleine gleiche Theile A a = a b = b c ..., so daß man die Bewegung des Körpers während eines solchen Zeittheilchens A a, a b, b c ... als gleichförmig ansehen kann (§. 20.), errichte in den Theilungspuncten a, b, c, d .... senkrechte Linien, und nehme an, die Geschwindigkeit des Körpers am Ende des ersten Zeittheilchen A a sey a f; so wird, weil zu dieser Geschwindigkeit a f, während des Zeittheilchens a b ein gleich großer Zuwachs g h = a f erfolgt (§. 30.), am Ende des zweyten Zeittheiles a b die Geschwindigkeit (a f = b g) + g h = b h seyn. Aus eben diesem Grunde wird mit Ende des dritten Zeittheiles b c die Geschwindigkeit c k seyn u. s. f., und endlich wird am Ende der ganzen Zeit A B die Geschwindigkeit = B C seyn. Weil die Zuwachse der Geschwindigkeiten gleich sind, so sind auch die Dreyecke A f a, A f p, f h g, f h q ... einander vollkommen gleich, (Geom. 32. II. u. 53. IV.), daher stellen die Rechtecke a p, b q, c t, d u, u. s. w. die in jedem einzelnen Zeittheile A a, a b, b c .... zurück gelegten Wege oder Räume (§. 28.), und die Summe aller Rechtecke aber denjenigen Raum vor, welcher in der bestimmten Zeit A B zurück gelegt worden ist. Denkt man sich nun in der Figur die Puncte A, a, b, c .... sehr nahe beysammen, wie wir gleich Anfangs angenommen haben, so fallen die Puncte A p f, f q h, h t k bis zur Unmerklichkeit übereinander, und es verwandelt sich die Summe aller kleinen Rechtecke, ohne hier einen Fehler zu besorgen, in die Fläche des Dreyeckes $A B C = \frac{A B . B C}{2}$;

Fig. 2.

Diese Fläche (oder eigentlich das Product ihrer Faktoren) stellet demnach genau den Weg oder Raum vor, welchen ein Körper in der Zeit A B mit gleichförmig beschleunigter Bewegung durchläuft, und durch welche Bewegung der Körper am Ende dieser Zeit die Geschwindigkeit B C erhält. Aus gleichem Grunde kann der zurückgelegte Weg in einer andern bestimmten Zeit

Fig. 2. Ad, durch die Fläche des rechtwinkeligen Dreyeckes A d n $= \frac{Ad \cdot dn}{2}$ ausgedrückt werden, in welchem d n die am Ende der Zeit A d erlangte Geschwindigkeit des Körpers vorstellet.

Bezeichnet man nun die Räume, welche während der Zeit A B und A d gleichförmig beschleunigt zurückgelegt werden, mit R und r

so ist $R = ABC = \frac{AB \cdot BC}{2}$ . . . . . 1)

und $r = Adn = \frac{Ad \cdot dn}{2}$

daher auch $R : r = ABC : Adn$

oder $R : r = \frac{AB \cdot BC}{2} : \frac{Ad \cdot dn}{2}$

oder auch $R : r = AB \cdot BC : Ad \cdot dn$; das heißt: Räume, welche mit gleichförmig beschleunigter Bewegung in verschiedenen Zeiten durchlaufen werden, verhalten sich wie die Producte aus den Zeiten in die am Ende der Zeit erlangten Geschwindigkeiten.

Wegen der Aehnlichkeit der Dreyecke A B C und A d n verhält sich

$ABC : Adn = AB^2 : Ad^2 = BC^2 : dn^2$, (Geom. 138. V.)

und $ABC : Adn = R : r$, vermög des Vorigen,

also auch $R : r = AB^2 : Ad^2 = BC^2 : dn^2$, oder wenn man die Zeit A B mit Z und A d mit z: die Geschwindigkeiten B C mit G, und d n mit g bezeichnet, so verhält sich

$$R : r = Z^2 : z^2$$

und auch $R : r = G^2 : g^2$; das heißt: die Räume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten, oder wie die Quadrate der Geschwindigkeiten; und weil auch $\sqrt{r} : \sqrt{R} = g : G$ ist, so verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Räumen oder zurück gelegten Wegen.

Galilei, der Entdecker dieses Gesetzes über den freyen Falle der Körper, hatte seine Versuche hierüber vermittelst einer mit Pergament überzogenen schiefen Ebene, und einer metallenen Kugel angestellt, Fig. 2.

In den neuern Zeiten hat man dieses Gesetz auch durch den verticalen Fall der Körper mittelst eines eigenen hierzu ausgedachten Apparats, der Atwoodischen Fallmaschine, (von ihrem Erfinder so genannt) bestätigt gefunden. Diese Maschine besteht im Wesentlichen aus folgenden Stücken: Um eine Rolle, welche an einer sehr dünnen, festen, horizontalen Achse durch einen Kloben, etwa in einer Höhe von 6 bis 10 Fuß befestiget ist, wird ein Seidenfaden gelegt, und an dessen beyde Ende werden gleiche Gewichte gehängt, welche in jeder Stellung wegen der unbedeutenden Schwere des Fadens, einander das Gleichgewicht halten. Wird nun auf einer Seite ein kleines Uebergewicht aufgelegt, so sinket dieses Uebergewicht auf dieser Seite nach eben dem obigen Gesetze mit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, aber langsamer, als es frey fallen würde, weil es das Gewicht auf der andern Seite in die Höhe ziehen muß.

Gesetzt die beyden angehängten Gewichte, sammt Rolle und Faden, betragen 36 Loth 88 Kran = 8728 Gran; und das auf der einen Seite aufgelegte Uebergewicht 48 Gran, so müssen diese 48 Gran, deren Gewicht beym freyen Falle bloß sich selbst in Bewegung zu setzen hätte, hier eine 186 Mahl größere Masse bewegen, daher wird das Gewicht 186 Mahl langsamer, als bey dem freyen Falle sinken. Legt daher ein freyfallender Körper in der ersten Secunde 15 ½ Fuß = 186 Zoll zurück, so wird das gedachte Uebergewicht hier nur Einen Zoll in der ersten Secunde zurück legen, welches langsam genug ist, um das obige Gesetz dieser Bewegung hinlänglich genau wahrzunehmen, wozu eine angebrachte, in gleiche Theile, etwa von Zoll zu Zoll, getheilte Skale dient.

In Neumanns Phys. findet man diese Maschine sowohl als die damit vorzunehmenden Versuche ausführlich beschrieben.

§. 32.

Aus diesem Gesetze wissen wir, daß ein freyfallender Körper vom Anfange der Bewegung gerechnet, in der ersten Secunde einen Raum = $15\frac{1}{2}$ Schuh durchläuft, (§. 10.). Setzt

Eig. 2. man diese Werthe in die erst gefundene Proportion, so erhält man $R : 15\frac{1}{2} = Z^2 : 1^2$ und

$$R = 15\frac{1}{2} \cdot Z^2$$

Bezeichnet man die Beschleunigung der Schwere $15\frac{1}{2}$ mit b, so wird $R = b \cdot Z^2$ . . . . . (A.)

Setzt man ferner die Werthe für $AB = Z$. und $BC = G$ im vorigen §. in die Gleichung 1.); so ist auch

$$R = \frac{Z \cdot G}{2}$$

folglich ist $\frac{Z \cdot G}{2} = b \cdot Z^2$, woraus man endlich

$G = 2bZ$ findet . . . . . (B.).

Da bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung die Geschwindigkeit am Anfange gewöhnlich Null ist, und erst während der Bewegung nach obigem Gesetze zunimmt, so ist unter der Endgeschwindigkeit nach einem bestimmten Zeittheile eines bewegten Körpers diejenige zu verstehen, mit welcher derselbe nach dem Ende irgend eines Zeittheiles fortginge, wenn seine Bewegung in dem nächsten Zeittheile gleichförmig wäre, weil wir nur bey der gleichförmigen Bewegung die Geschwindigkeit bestimmt angeben und beurtheilen können (§. 20.). Wenn man demnach sagt, ein Körper habe am Ende einer bestimmten Zeit (etwa in 2 Secunden) eine Geschwindigkeit z. B. = 24 Schuh, so heißt das so viel: er hat am Ende dieser Zeit ein solches Bestreben, daß er in jedem folgenden gleichen Zeittheile einen eben so großen Weg = 24 Schuh zurück legen würde, wenn er in diesem unveränderten Bestreben gleichförmig fortginge.

Aus diesem Grunde ist der Raum, welcher in einer bestimmten Zeit mit gleichförmig beschleunigter Bewegung zurück gelegt wird, nur die Hälfte des Raumes, welchen ein Körper in der nähmlichen Zeit, aber mit der Endgeschwindigkeit der vorigen Bewegung gleichförmig durchlaufen würde. Denn in der Zeit AB erhält ein Körper bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung am Ende die Geschwindigkeit BC, und der durchlaufene Raum ist $\frac{AB \cdot BC}{2}$; hingegen beschreibt ein Körper, welcher sich mit der Geschwindigkeit AD = der End-

geschwindigkeit AC, während der nähmlichen Zeit AB gleichförmig bewegt, der Raum AB . AC, welcher doppelt so groß als der vorige ist. Alles dieses gilt auch für die gleichförmig verzögernde Bewegung, nur in umgekehrter Ordnung. Fig.

§. 33.

Aus den so eben im vorigen §. gefundenen zwey Grundgleichungen (A) und (B) lassen sich noch zehn andere herleiten. Wenn man z. B. den Werth für Z aus der zweyten Gleichung suchet, und in die erste substituirt, so ist $R = \frac{G}{4b}$. Eben so ist $R = \frac{G\,Z}{2}$, wenn man den Werth für b aus der zweyten Gleichung in die erste setzet, u. s. w.

Folgende Tafel enthält alle 12 Gleichungen.

Zu suchen	Gegeben	Gleichung.	Zu suchen	Gegeben	Gleichung.
G	b, Z	1) $G = 2bZ$	Z	b, G	7) $Z = \frac{G}{2b}$
	b, R	2) $G = \sqrt{4bR}$		b R	8) $Z = \frac{\sqrt{R}}{b}$
	Z, R	3) $G = \frac{2R}{Z}$		G R	9) $Z = \frac{2R}{G}$
R	b, Z	4) $R = bZ^2$	b	R, Z	10) $b = \frac{R}{Z^2}$
	b, G	5) $R = \frac{G^2}{4b}$		G, Z	11) $b = \frac{G}{2Z}$
	G, Z	6) $R = \frac{GZ}{2}$		G, R	12) $b = \frac{G^2}{4R}$

Fig. In der Folge werden wir, der Kürze wegen, die gleichförmig beschleunigte Bewegnng gewöhnlich nur die beschleunigte Bewegung nennen.

§. 34.

Diese zwölf Gleichungen sind hinreichend, alle möglichen Fälle aufzulösen, die bey der beschleunigteu Bewegung vorkommen, wenn die Bewegnng von der Ruhe anfängt; wobey aber weder die Masse des bewegten Körpers, noch die bewegende Kraft in die Rechnung kömmt. Man kann hieraus verschiedene Fälle ableiten.

1.) Die erlangten Geschwindigkeiten, bey einer nähmlichen beschleunigten Bewegung verhalten sich wie die verflossenen Zeiten; denn es ist (§. 33. 1) $G = 2bZ$ und aus dem nähmlichen Grunde ist $g = 2bz$

folglich auch $G : g = 2bZ : 2bz$

oder $G : g = Z : z$.

2.) Bey einer nähmlichen beschleunigten Bewegung verhalten sich die ganzen vom Anfange der Bewegung zurück gelegten Wege wie die Quadrate der natürlichen Zahlen 1, 4, 9, 16, 25 .... Denn man gebe nur in der ersten Grundgleichung $R = bz^2$ der Zeit nach der Ordnung die Werthe $1Z$, $2Z$, $3Z$, $4Z$, $5Z$ ..... so sind die ganzen Werthe, welche bey dieser Bewegung vom Anfange gerechnet zurück gelegt werden, folgende: $1bZ^2$, $4bZ^2$, $9bZ^2$, $16bZ^2$, $25bZ^2$.... die sich verhalten, wie die Quadrate der natürlichen Zahlen, 1, 4, 9, 16, 25 .....

3) Hingegen verhalten sich die Theile des Weges, welche bey dieser Bewegung in einzelnen auf einander folgenden gleich großen Zeittheilen zurück gelegt werden, gegen einander, wie die ungeraden natürlichen Zahlen, 1, 3, 5, 7, 9, ... Denn man darf nur jeden vorhergehenden Raum von seinem

nachfolgenden abziehen, so erhält man die einzelnen Räume oder Wege, nähmlich Fig.

$$1bZ^2 - 0 = 1bZ^2$$
$$4bZ^2 - 1bZ^2 = 3bZ^2$$
$$9bZ^2 - 4bZ^2 = 5bZ^2$$
$$16bZ^2 - 9bZ^2 = 7bZ^2$$

u. s. w.

welche sich verhalten, wie die ungeraden natürlichen Zahlen.

4.) Aus der Gleichung 10) §. 33. ist es deutlich zu ersehen, wie man bey was immer für einer gleichförmig beschleunigten Bewegung aus dem gemessenen zurück gelegten Raume $= R$, und aus der beobachteten Dauerzeit $= Z$ vom Anfange der Bewegung gerechnet, die Beschleunigung $= b$ finden könne; und so ersieht man aus dem bisherigen schon, wie man aus zwey bekannten Größen die dritte vermittelst obigen Gleichungen finden, und die dahin gehörigen Aufgaben auflösen könne.

Wenn ein fester, schwerer Körper in der athmosphärischen Luft fällt, so wird die Beschleunigung des fallenden Körpers durch den Widerstand der Luft etwas vermindert, und zwar desto mehr, je geschwinder jener sich bewegt, und je weniger dicht er ist; denn die Luft muß dem fallenden Körper ihren Platz räumen (§. 4.), also wird sie in der Nähe des bewegten Körpers um so mehr zusammengepreßt, je schneller sie diesem auszuweichen gezwungen wird. Hierdurch kann der Widerstand der Luft so groß werden, daß er dem wirklichen Gewichte des bewegten Körpers gleich wird. Ist nun dieses, so hört der Körper auf, seinen Fall zu beschleunigen, und er sinkt mit der bis dahin erlangten Geschwindigkeit in einer gleichförmigen Bewegung zu Boden.

Dieses trifft bey Körpern von einer geringern Dichtigkeit um so früher ein, weil sie im Vergleich eines andern Körpers vom gleichem absoluten Gewichte ein größeres Volumen haben (§. 12. 1, 3.), daher während des Fallens mehr Luft verdrängen müssen. Solche Körper werden daher jedes Mahl langsamer durch die Luft fallen, als dichtere von gleichem Gewichte. Daß diese Erscheinung bloß vom Widerstand der Luft herrührt, erhellet aus §. 8.

Diese weise Einrichtung des Schöpfers, daß alle fallenden

Fig. Körper in einem widerstehenden Mittel (der Luft) sich bewegen müssen, gereicht uns zu einer überaus großen Wohlthat. Denn würden Regen und Hagel, welche oft von einer Höhe bey 2000 Klafter herab fallen, frey, mit stets zunehmender Geschwindigkeit herab stürzen, so würde jener, anstatt die Gewächse wohlthätig zu erfrischen, dieselben größten Theils verwüsten, und dieser würde, wie Kugeln aus Feuerröhren wirkend, Pflanzen und Thiere, mit einem Worte, die ganze organische Schöpfung zerschmettern und zerstören.

Bey sehr dichten Körpern von Eisen, Bley u. d. gl., die von keiner beträchtlichen Höhe, nicht über 80 bis 100 Klafter herab fallen, ist der Widerstand der Luft nicht sehr merklich, so daß man denselben in den meisten gewöhnlichen Fällen außer Acht lassen, die Bewegung als beschleunigt ansehen, und sie als solche bey der Berechnung der Kraft und Last in vorkommenden Fällen anwenden kann.

Dritter Abschnitt.

Von der zusammengesetzten Bewegung.

§. 35.

Wenn mehrere Kräfte zugleich auf einen Körper wirken, so heißt die Bewegung, welche sie hervor bringen, eine zusammengesetzte Bewegung, und die Kräfte, welche zugleich auf einen Körper wirken, kann man zusammensetzende Kräfte, oder auch Seitenkräfte nennen, wenn ihre Richtungen unter verschiedenen Winkeln gegen einander geneigt sind; der Winkel aber, welchen die Richtungen zweyer dieser Kräfte einschließen, wird ihr Richtungswinkel genennt; eine andere Kraft endlich, welche für sich allein eine eben so große Wirkung hervor bringen kann, als die Seitenkräfte, heißt die mittlere Kraft.

§. 36.

Wenn zwey oder mehrere auf einem Körper wirkende Kräfte keinen Winkel einschließen, so sind folgende drey Fälle möglich:

1.) Wenn zwey gleich große Kräfte nach gerade entgegen gesetzten Richtungen auf einen ruhenden Körper zugleich wirken, so ist die mittlere Kraft = Null, nähmlich der Körper bleibt eben so in Ruhe, als wenn gar keine Kraft auf ihn wirkte, d. h., die zwey Kräfte heben einander gänzlich auf, halten einander das Gleichgewicht; z. B. wenn ein Pferd vor einem Wagen, und ein anderes, von ganz gleicher Stärke, rückwärts desselben gespannt wird, und zu gleicher Zeit gerade entgegengesetzt zieht, so bleibt der Wagen an seiner Stelle in Ruhe. Fig.

2.) Wenn aber zwey oder mehrere zusammensetzende Kräfte alle nach einerley Richtung auf einen nähmlichen Körper zugleich wirken, so ist die mittlere Kraft gleich der Summe aller zusammensetzenden Kräfte, und die Richtung jener mittlern Kraft ist mit der Richtung dieser Kräfte einerley; z. B., wenn zwey oder mehrere Pferde vor einem Wagen gespannt werden, und nach einerley Richtung ziehen, so wird der Wagen bey hinreichender Kraft in dieser Richtung fortbewegt.

3.) Wenn endlich einige der zusammensetzenden Kräfte nach einerley Richtung vorwärts, und einige derselben nach gerade entgegengesetzter Richtung rückwärts auf einen ruhenden Körper zugleich wirken, so ist die mittlere Kraft gleich der Differenz der Summen aus den entgegengesetzten Kräften, und der Körper wird in der Richtung der größeren Summe der zusammensetzenden Kräfte folgen; z. B., wenn zwey Menschen an einer Last vorwärts, und drey Menschen rückwärts, gerade entgegengesetzt, jeder mit 30 Pf. Kraft ziehen, so wird dieselbe mit der Differenz dieser Kräfte, d. i., wenn man von den Kräften der drey Menschen die Kräfte der zwey Menschen abzieht, nach der Richtung jener dreyen; also mit der Kraft = 90 — 60 = 30 Pf. gezogen werden.

3.

§. 37.

Wenn hingegen zwey Kräfte, a und b unter einem beliebigen Winkel $aAb = CAB$ zugleich und gleichförmig auf einem in A ruhenden Körper wirken, und die eine Kraft a ist

Fig. 3. für sich allein vermögend, ihn während einer gewissen Zeit durch den Weg A C, und die zweyte Kraft b für sich allein denselben in der nähmlichen Zeit durch den Weg A B fort zu treiben, so wird der Körper nach Verlauf eben dieser Zeit in dem Endpuncte D der Diagonale A D des Parallelograms A B D C (welches durch die Parallelen B D zu A C und C D zu A B entsteht) sich befinden, wenn beyde Kräfte, a und b zugleich auf den Körper wirken.

Denn man denke den Weg A B, welchen der Körper A durch die Kraft b allein getrieben, in einer gewissen Zeit durchlaufe, in eine beliebige Anzahl gleiche Theile, A c = c d = d e . . . . . sodann auch den Weg A C, welchen der Körper durch die Kraft a allein getrieben, in der nähmlichen Zeit durchläuft, in eben so viele gleiche Theile A g = g h = h i . . . . getheilt, und durch die Puncte c, d, e . . . . parallele Linien zu der Richtung A C, wie auch durch die Puncte g, h, i, parallele Linien zu der Richtung A B. Ist die Kraft b allein vermögend, den Körper A während eines gewissen Zeittheiles bis c zu treiben, so wird derselbe, wenn nun die Kraft a allein auf ihn zu wirken anfängt, während eines eben so langen Zeittheiles durch den Raum c m = A g getrieben (§. 23. III.). Da aber die zwey Kräfte b und a nicht eine nach der andern, sondern beyde zugleich auf den Körper wirken, so kann dieser weder der einen noch der andern Richtung folgen, sondern er muß einen Weg nehmen, der zwischen den Richtungen A c und A g liegt, um am Ende eben dieses Zeittheiles in m zu seyn; folglich muß er in dieser Zeit die Diagonale A m durchlaufen. Da sich nun dieses von allen Puncten n, o, p . . . sagen läßt, und wegen der Aehnlichkeit der Dreyecke A c m, A d n . . . A g m, A h n . . . die Puncte A, m, n . . . in gerader Linie liegen, so muß der Körper A in derselben Zeit, als er durch die Kraft b allein getrieben, den Raum A B, und durch die Kraft a allein den Weg B D = A C durchlaufen würde, bey der Zusammenwirkung der beyden Kräfte, die Diagonale A D durchlaufen.

Durch eigene Diagonalmaschinen, z. B. durch zwey nach verschiedenen Richtungen über einer Tafel aufgehängte Hämmer und dgl. kann man die zusammengesetzte Bewegung sehr anschaulich machen. Auch im gemeinen Leben sieht man diese Bewegung sehr häufig, z. B. bey einem quer über einen Fluß rudernden Schiff, oder bey einer sogenannten fliegenden Brücke, wobey die Gewalt des fließenden Wassers nach der einen, und die Kraft des Ruders, oder das gespannte Seil bey der letzteren nach der anderen Richtung wirkt, u. m. dgl. Fig.

§. 38.

Es folgt aus diesem, daß jede zwey Kräfte AB und AC in Eine Kraft AD zusammengesetzt werden können, welche eben so viel wirkt, als beyde zusammen genommen, wenn man sie unter einem bestimmten oder beliebigen Winkel verbindet, zu denselben gleichlaufende BD und DC zieht, nähmlich das Parallelogramm ergänzt, und die Diagonale zieht. Diese Diagonale wird immer desto größer seyn, je spitziger der Winkel ist, den die zwey gegebenen Kräfte einschließen, und desto kleiner, je stumpfer dieser Winkel ist; weil in jenem Falle die zwey Seitenkräfte AC und AB mit der Richtung der Wirkung AD mehr übereinstimmend, in diesem aber sich mehr entgegengesetzt sind, daher ein größerer Theil der wirkenden Kräfte verloren geht, und also durch die nähmlichen zwey Kräfte Ab = AB und Ac = AC eine kleinere Wirkung Ad hervor gebracht wird. 4.

§. 39.

So wie jede zwey Kräfte in Eine zusammengesetzt werden können, eben so kann man, wenn die Größe und die Richtung AD einer Kraft gegeben ist, auf unzählig viele Arten zwey Kräfte AB und AC = BD finden, welche auf einem Körper A eben so wirken, wie die gegebene Kraft. Denn da vermöge des Vorigen die gegebene Kraft durch die Diagonale eines Parallelogramms vorgestellt wird, wobey die beyden Kräfte, welche eben dieselbe Wirkung hervor bringen, durch die Seiten des Parallelogramms bezeichnet werden können; so ist klar, daß sich um diese Diagonale unzählig viele Parallelogramme verzeich-

Fig. 4. nen lassen. Hat man für eine gegebene Kraft zwey andere eben so wirkende Kräfte gefunden, so sagt man, man habe die Kraft AD in zwey gleichgeltende Seitenkräfte AB und BD aufgelöst.

§. 40.

Das Auflösen oder Zerlegen einer gegebenen Kraft in zwey oder mehrere Seitenkräfte kommt bey den mechanischen Untersuchungen sehr oft vor, besonders wenn eine Kraft schief auf einen Körper wirkt. In einem solchen Falle bringt nur die gerade oder senkrechte Kraft eine Wirkung hervor, welche nur ein Theil der ganzen Kraft ist, während der andere Theil durch seine parallele Richtung wirkungslos wird.

5. Um dieses einzusehen, sey A ein Körper auf einer undurchdringlichen Ebenen PQ, auf welchen zwey Kräfte AC und AB zugleich wirken, wovon die erste AB in der Ebene PQ nach der Richtung BAG, die zweyte Kraft AC hingegen außerhalb der Ebene PQ nach der Richtung CAM, die mit der Ebene den Winkel CAD einschließt, den Körper zu bewegen strebt. Die Größe und Richtung der mittlern Kraft, womit dieser Körper A auf der Ebene PQ wirklich fortgetrieben wird, lassen sich auf folgende Art bestimmen.

Man fälle aus dem Puncte C die Senkrechte CE auf die Ebene PQ, so ist dadurch die Kraft CA in zwey Seitenkräfte CE und EA aufgelöst, wovon die eine CE auf der Ebene PQ senkrecht steht, und dieselbe von der widerstehenden Undurchdringlichkeit dieser Ebene gänzlich aufgehoben wird, während die zweyte Seitenkraft EA auf den Körper A nach der Richtung EAF in der Ebene PQ wirkt. Nun verzeichne man das Parallelogramm AFHG, indem man AF = AE und AG = AB macht, sodann FH parallel zu AG, und GH parallel zu AF führet. Zieht man endlich die Diagonale AH, so stellt diese die Größe und die Richtung der mittlern Kraft vor.

§. 41. Fig.

Sind mehr als zwey Kräfte, die unter gegebenen Winkeln auf einen Körper zugleich wirken, in Eine Kraft zusammen zu setzen, so setzet man nach §. 38. zuerst zwey Kräfte zusammen, und zieht die ihnen zukommende Diagonale, als entsprechende mittlere Kraft, diese mittlere Kraft, und eine dritte der gegebenen setzet man ebenfalls wieder wie vorhin zusammen, und bestimmt die Diagonale als entsprechende mittlere Kraft von drey gegebenen Kräften, u. s. w.

Es seyen die Kräfte AB, AC, AD zusammen zu setzen; 6.
man ziehe Gleichlaufende BE und CE, so bekommt man die Diagonale AE, die mit AD, wenn man wieder Gleichlaufende DF und EF zieht, die Gerade AF, als eine aus drey Kräften zusammengesetzte Diagonale bestimmen wird. Liegen drey oder mehrere Kräfte, die auf einen Körper zugleich wirken, nicht alle in einer und derselben Ebenen, so kann man durch die Richtung zweyer Kräfte immer eine Ebene gelegt denken (Geom. 147. und 148.), und auf die obige Art die entsprechende mittlere Kraft suchen, sodann diese wieder mit einer dritten gegebenen Kraft zusammen setzen, u. s. w., bis man endlich zuletzt diejenige Diagonale erhält, welche die Richtung und mittlere Kraft aus allen Seitenkräften ist, wodurch der Körper wirklich bewegt wird.

§. 42.

Aufgabe. Es seyen zwey Kräfte gegeben, die sich verhalten, wie m : n, z. B. wie 3 : 5, und auf einen Körper unter einem bekannten Winkel = 36° gleichförmig zugleich wirken; man soll die Wirkung oder den Raum bestimmen, den dieser Körper durchlaufen muß.

Auflösung. Man verzeichne den gegebenen Winkel
von 36° = BAC, und trage nach einem beliebigen Maßstabe 4.
3 Theile auf einen Schenkel AB, und 5 gleiche Theile auf den andern AC, ziehe durch den Endpunct eines jeden Schenkels zu dem andern eine Parallele, d. i., man ergänze das Parallelogramm A B D C, und ziehe die Diagonale A D; so

Fig. 4. wird dieſe auf eben demſelben Maßſtabe die Größe der Wirkung jener zwey Kräfte auf den Körper unter den gegebenen Bedingungen anzeigen. Daß die Größe und die Richtung der mittleren Kraft auch trigonometriſch beſtimmt werden könne, erhellet von ſelbſt.

Nun kann man ſich erklären:

1) Warum ein Körper von einem Thurme gerade herab, und nicht ſeitwärts von Oſten gegen Weſten auffällt, da wegen der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Achſe von Weſten gegen Oſten ein Punct ihrer Oberfläche im und nahe am Aequator eine Geſchwindigkeit erhält, wodurch er $\frac{5400}{24 \cdot 60} = 3$ Meilen in einer Minute zurück legt; (wegen $24 \cdot 60 : 1 = 5400 : x$).

2) Warum man fällt, wenn man von einem ſchnell fahrenden Wagen herab ſpringt, und wie man ſpringen muß, damit man nicht fällt; und daß man nicht ſo ſtark fällt, wenn man gegen die Pferde, nicht aber rückwärts gegen die hintern Räder ſpringt, u. dgl.

Vierter Abſchnitt.

Von der Bewegung der Körper über eine ſchiefe Ebene.

§. 43.

Eine ebene Fläche, welche gegen den Horizont unter einem ſchiefen Winkel geneigt iſt, heißt eine ſchiefe Ebene. Wenn
7. das rechtwinkelige Dreyeck ABC den Durchſchnitt einer ſolchen ſchiefen Ebene vorſtellt, ſo wird die horizontale Linie BC die Grundlinie, die Vertikallinie AB die Höhe, und die ſchiefe Linie AC die Länge der ſchiefen Ebene genennt.

§. 44.

Wenn man auf einer ſchiefen Ebene BC einen ſchweren Körper M frey ausläßt, ſo verbleibt er nicht in Ruhe, weil ſein Gewicht wegen der ſchiefen Richtung von der Ebene nicht

ganz getragen, nicht ganz aufgehoben wird (§. 9.), sondern er sinkt längs der schiefen Ebene gegen den Horizont herab, wenn nicht etwa die Reibung oder sonst ein Widerstand seine Bewegung hindert. Fig. 7.

Betrachtet man die Vertikallinie MQ als die Größe des absoluten Gewichtes *), mit welchem der Körper die Ebene drücken würde, wenn sie horizontal läge (§. 9.), so kann diese Kraft vermög §. 40. in die zwey Seitenkräfte QR und RM aufgelöst werden, wovon die Senkrechte QR dasjenige Gewicht anzeigt, mit welchem der Körper auf die schiefe Fläche wirklich drückt, und mit welcher die Fläche entgegen wirkt, oder eigentlich widersteht **); da aber diese Wirkungen einander gerade entgegengesetzt sind, so heben sie einander auf (§. 36. 1.). Hingegen zeigt MR diejenige Kraft an, welche allein noch frey und ungehindert den Körper zum Herabrollen über die schiefe Fläche antreibt, und ist daher die respective Kraft oder die respective Schwere des Körpers (§. 17.).

Verlängert man MQ bis P, so zeigt QP die Richtung der Schwerkraft an, in welcher nähmlich der Körper fallen würde, wenn kein Hinderniß da wäre. Weil so wohl MP, als AB, auf BC senkrecht stehen, so ist das Dreyeck MPC ∽ ABC, und wegen der Gleichheit der Scheitelwinkel bey M und der rechten Winkel bey R und P ist das Dreyeck MPC ∽ QRM; folglich auch das Dreyeck ABC ∽ QRM.

Es verhält sich daher RM : QM = AB : AC. Nun aber ist RM die respective, und QM die absolute Schwere des Körpers; folglich verhält sich die respective Schwere zur absoluten eines auf einer schiefen

*) Daß jede mögliche Größe durch eine gerade Linie vorgestellt und ausgedrückt werden kann, ist schon im §. 28. unter *) erinnert worden.

**) Das heißt: die Fläche wirkt durch ihre Festigkeit entgegen, ohne daß dieserwegen eine Kraft in Thätigkeit zu seyn braucht.

Fig. 7. Fläche aufliegenden Körpers, wie die Höhe der schiefen Fläche zu ihrer Länge.

1.) Sieht man AC als den sintot. an, so wird AB der sinus, und BC der cosinus des Neigungswinkels ACB der schiefen Ebene, also verhält sich

$$RM : QM = \sin C : \text{sintot}$$

oder $RM : QM = \sin C : 1$ (Geom. 227.)

und es ist $RM = QM . \sin C$.

Da BM die bewegende Kraft, und QM das wirkliche Gewicht des Körpers M ausdrückt, so ist die bewegende Kraft eines schweren Körpers auf einer schiefen Ebene, gleich dem Gewichte des Körpers multiplizirt mit dem sinus des Neigungswinkels der schiefen Ebene gegen den Horizont.

2.) Wegen der Aehnlichkeit der Dreyecke RQM und BAC, verhält sich $QR : QM = BC : AC$

oder $QR : QM = \cos C : 1$;

woraus man $QR = QM . \cos C$ findet;

d. h., der Druck, welchen die schiefe Ebene wirklich leidet, ist gleich dem Gewichte des Körpers, multiplizirt mit den Cosinus des Neigungswinkels der schiefen Ebene gegen den Horizont.

§. 45.

Wenn ein Körper über eine schiefe Fläche fällt, so verhält sich der Raum, welchen er in der ersten Secunde zurück legt, zu dem Raume, welchen er frey fallend in derselben Zeit zurück legt, wie die Höhe AB der schiefen Fläche zu ihrer Länge AC.

Denn die Wirkungen stehen mit ihren Ursachen im geraden Verhältnisse (§. 23. III.); folglich müssen auch die beschriebenen Räume mit den Kräften verhältnißmäßig seyn, durch welche die Bewegung hervor gebracht wird. Nun aber ist der durchlaufene Raum über die schiefe Fläche AC die Wirkung der respectiven Schwere (§. 44.), und der Raum über

die Höhe AB in der nähmlichen Zeit, oder der Raum des frey fallenden Körpers ist die Wirkung der absoluten Schwere (§. 17. und 31.): ferner verhält sich die respective Schwere zur absoluten, wie die Höhe der schiefen Fläche zu ihrer Länge vermög §. 44.; folglich verhält sich auch der durchlaufene Raum über die schiefe Fläche zum senkrechten Raume, d. i. zu dem Raume, welchen der frey fallende Körper in derselben Zeit zurücklegt, wie die Höhe der schiefen Fläche zu ihrer Länge, nähmlich wie AB : AC. Fig. 7.

Es sey demnach der Raum = x, welchen ein Körper auf einer schiefen Ebene in der ersten Secunde durchläuft, und da der Raum, welchen derselbe durch den freyen Fall in der ersten Secunde zurücklegt = 15$\frac{1}{2}$ = b ist; so verhält sich

$$x : b = AB : AC$$

und es ist $x = b \cdot \frac{AB}{AC}$;

Setzt man diesen Werth von x, welcher die Beschleunigung der Schwere auf der schiefen Fläche vorstellt, in den §. 33. aufgestellten Gleichungen anstatt b, so erhält man das Gesetz des Fallens über die schiefe Fläche, wodurch ebenfalls wieder alle möglichen Fälle für diese Bewegung aufgelöset werden können.

§. 46.

Wenn ein Körper über eine schiefe Fläche AC sich bewegt, so ist seine Geschwindigkeit am Ende C eben so groß, als wenn er durch den freyen Fall den Raum AB, oder die Höhe der schiefen Fläche durchlaufen hätte.

Denn vermög (§. 33. 2.) ist am Ende des vertikalen Fallraumes AB, also in B die Geschwindigkeit $= \sqrt{4b.R} = \sqrt{4b.AB}$; und vermöge des Vorigen ist auf einer schiefen Ebene die Fallhöhe in der ersten Secunde $= b.\frac{AB}{AC}$; also hat der Körper durch den Fall auf der schiefen Ebene nach durchlau-

Fig. 7. fenen Raum AC, in C eine Geschwindigkeit erhalten, welche $= \sqrt{4b} \cdot \frac{AB}{AC} \cdot AC = \sqrt{4b} \cdot AB$, und folglich der Endgeschwindigkeit des freyen Falles in B vollkommen gleich ist, d. h., wenn ein Körper über eine schiefe Fläche AC herab rollet, so ist am Ende C derselben seine Geschwindigkeit eben so groß, als wenn er von A bis B frey gefallen wäre.

Sieht man AC als den sintot. an, so wird AB der sinus des Neigungswinkels C, und es ist am Ende des Fallraumes AC die Geschwindigkeit $= \sqrt{4b} \cdot \sin C$.

§. 47.

Wenn daher ein Körper über verschiedene schiefe Flächen herab fällt, welche von gleicher Höhe sind, so hat er am Ende
8. des Falles bey einer jeden schiefen Ebene AC, AE, AF gleiche Geschwindigkeit; folglich wird derselbe in C, F, E und B die Geschwindigkeit $= \sqrt{4b} \cdot AB$ haben.

§. 48.

Zieht man aus dem Puncte B eine Senkrechte BD auf die Länge AC der schiefen Ebene ABC, so zeigt D den Ort an, wo ein von A aus bewegter Körper auf der schiefen Fläche in einer gewissen Zeit sich befindet, während derselbe in der nähmlichen Zeit die Höhe AB durch den freyen Fall durchläuft. Denn vermög §. 45. verhält sich der durchlaufene Raum auf der schiefen Ebene zum senkrechten Raume durch den freyen Fall, wie die Höhe AB zur Länge AC, und vermög (Geom. 72.) sind die Dreyecke ABD und ABC ähnlich; also verhält sich $AD : AB = AB : AC$.

§. 49.

Betrachtet man die Höhe AB der schiefen Ebene als den Durchmesser eines Kreises, dessen Mittelpunct M ist, so muß dieser Kreis durch den Punct D gehen (Geom. 41. III.), und also AD eine Sehne desselben seyn. Da nun vermöge des Vorigen (§. 48.) ein freyfallender Körper den Weg oder Raum von

A bis B zurücklegt, während derselbe in der nähmlichen Zeit auf der schiefen Ebene den Weg von A bis D durchläuft, so sind der vertikale Durchmesser AB und die Sehne AD gleichdaurende Wege oder Räume. Ferner weil dieses auch bey einer jeden andern schiefen Ebene ABE von den Durchmesser AB und der Sehne AH auf eben die Art wie vorhin Statt findet, und da, wenn man zu DB durch A eine Parallele AG führet, die Sehne GB = AD wird; so sind alle Sehnen, die wie immer aus den Endpuncten A und B eines vertikalen Durchmessers AB in dem Kreise gezogen werden, mit diesem Durchmesser gleichdauernde Wege, d. h. während ein freyfallender Körper den Durchmesser eines Kreises durchläuft, kann derselbe in eben dieser Zeit jede Sehne eben desselben Kreises durchlaufen. Fig. 8.

Die Zeit, während welcher durch den freyen Fall der vertikale Durchmesser AB = R zurückgelegt wird, ist = $\sqrt{\frac{R}{b}}$ vermög (§. 33. 8.); eben so groß ist demnach auch die Zeit des schiefen Falles durch was immer für eine aus A oder B geführten Sehne BG, AD, AH oder AG, wenn solche auch noch so klein ist.

§. 50.

Wenn ein Körper durch einen Bogen GmB fällt, der nicht über 10 Grade enthält, so wird in der höhern Mathematik bewiesen, daß die Zeit des Fallens durch den Bogen zu der Zeit des Fallens durch die dazu gehörige Sehne GB sich verhalte, wie der vierte Theil des Umfanges zum Durchmesser des Kreises, nähmlich, wenn man die Zeit des Fallens durch den Bogen GmB mit z, und jene durch die Sehne GB mit Z, den Umfang des Kreises mit $\pi = 3{,}14$, und den Durchmesser mit 1 bezeichnet, so verhält sich $z : Z = \frac{1}{4}\pi : 1$

oder $z : Z = \frac{3{,}14}{4} : 1 = 3{,}14 : 4.$

Es ist daher die Zeit des Falles durch den Bogen kürzer, als durch die dazu gehörige Sehne.

Fünfter Abschnitt.

Von dem einfachen Pendel.

§. 51.

Fig. Ein vollkommen biegsamer Faden ohne Schwere, an dessen einem Ende ein einziger schwerer Punct sich befindet, das andere Ende aber an einem unbeweglichen Puncte befestiget ist, heißt ein einfaches Pendel.

Wenn aber an einem schweren Faden, oder an einer schweren Stange ein oder mehrere schwere Körper befestiget sind, so wird dieses ein zusammengesetztes Pendel genannt. Ist der angehängte Körper so schwer, daß gegen diesen das Gewicht des Fadens (oder der Stange) unbeträchtlich ist, so kann man es in der Anwendung ohne merklichen Fehler als ein einfaches Pendel betrachten. In Fig. 9 und 10 ist ein solches vorgestellt. Von diesem werden wir nun das Wesentlichste hier anführen.

9. und 10.

§. 52.

10. Wenn man ein einfaches Pendel in die vertikale Lage CA bringt, so wird dasselbe in dieser Lage ruhig bleiben, weil in dieser Richtung das Gewicht des Körpers A von dem Faden nach der geraden entgegengesetzten Richtung gänzlich aufgehoben wird (§. 36. 1.). Bringt man bey gespanntem Faden den Körper A in die Lage BC, und läßt ihn hierauf frey fallen, so wird er von B nach A herab sinken, und den Kreisbogen BA beschreiben. Er würde von B aus lothrecht niederfallen, wenn ihn der Faden daran nicht hinderte. In A hat der Körper eine eben so große Geschwindigkeit erhalten, als wenn er frey durch den Raum EA gefallen wäre. Diese Geschwindigkeit ist $= \sqrt{4b.EA}$ vermög §. 33.; er kann also in A nicht ruhen, sondern setzet mit der in A erlangten Geschwindigkeit die Bewegung in dem Kreisbogen AD so lange weiter fort, bis seine Geschwindigkeit gänzlich getilgt ist, welches in dem Punct D

geschieht, der mit B gleiche Höhe EA über den Horizont hat. Fig.
Hier in D fällt der Körper wieder bis A, und steigt bis B, und so weiter von B bis D unaufhörlich, wenn durch die Reibung in C, und durch den Widerstand der Luft seine Bewegung nicht gehindert würde.

Ein jeder Gang von einer Seite, in der Vertikalfläche, bis zur andern, nähmlich von B bis D, oder von D bis B heißt ein Pendelschlag, oder eine Schwingung. Ein Pendel, welches alle Secunde einen Schlag oder Schwung macht, heißt ein Secundenpendel.

§. 53.

Wenn man eine metallene Kugel (z. B. von Bley) mittelst eines Fadens, der sich nicht dehnet, (die Fäden von Aloeblättern haben diese Eigenschaft) vertikal so aufhängt, daß der Abstand des Mittelpunctes der Kugel (Fig. 9.) von dem Aufhängungspuncte, nähmlich CE = 37½ Wiener Zolle beträgt, so wird ein solches Pendel bey uns Secunden schlagen *). Damit die Schwingungen eines solchen Pendels, wenn man mit demselben eine Dauerzeit von einigen Secunden, oder auch von einigen wenigen Minuten beobachtet, immer in einerley Ebene geschehen, so kann man die Kugel an zwey Faden AD und DB aufhängen, und läßt sodann dieses Pendel um die unbewegliche horizontale Achse AB schwingen. Bey dieser Einrichtung muß jedoch nicht die Länge EA oder EB, sondern der senkrechte Abstand des Mittelpunctes der Kugel von der unbeweglichen Achse, nähmlich EC = 37½ Wiener Zoll betragen. 9.

§. 54.

Da vermög §. 50. die Zeit des Falles durch den Bogen zur Zeit des Falles durch die dazu gehörige Sehne sich verhält, wie $\frac{1}{2}\pi : 1$, und da vermög §. 49. die Zeit des Falles eines frey bewegenden Kör-

*) Ein Secundenpendel muß gegen die Pole der Erde zu länger, und unter dem Aequator am kürzesten seyn.

Fig. 8. pers durch den Durchmesser mit der Zeit des schiefen Falles durch eine Sehne des Kreises vollkommen gleich ist; so verhält sich auch die Zeit des Falles durch den Bogen GmB zur Zeit des Falles durch den Durchmesser AB wie $\frac{1}{4}\pi : 1$.

10. Es sey demnach die Länge eines Pendels $CA = l$, daher die doppelte Länge desselben, oder der zu dem Kreisbogen BAD gehörige Durchmesser $= 2l$, und h die Beschleunigung der Schwere (§. 32.); so ist die Zeit, welche ein Körper brauchte, um den Durchmesser $= 2l$, oder die doppelte Länge des Pendels frey durch zu fallen $= \sqrt{\frac{2l}{b}}$ vermög §. 33. 8.) Nun aber verhält sich vermöge des Obigen die Zeit des Falles durch den Bogen BA zur Zeit des Falles durch den Durchmesser $2l$, wie $\frac{1}{4}\pi : 1$, oder wie $\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{2l}{b}} : \sqrt{\frac{2l}{b}}$; wenn man mit $\sqrt{\frac{2l}{b}}$ multiplizirt (Rk. 208. V.); also ist die Zeit, welche das Pendel braucht, um den Bogen AB oder die halbe Schwingung zu durchlaufen $= \frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{2l}{b}}$, und die Dauerzeit $= z$ einer ganzen Schwingung von B bis D, nähmlich

$$z = 2.\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2l}{b}} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2l}{b}} = \pi\sqrt{\frac{2l}{4b}} = \pi\sqrt{\frac{l}{2b}}$$

in Secunden; nur dürfen die Schwingungsbögen nicht sehr groß seyn, das heißt: das Pendel darf unter keinem zu großen Winkel erhoben werden (§. 50.)

§. 55.

Aus der gefundenen Gleichung für die Dauerzeit eines Pendelschlages in sehr kleinen Schwingungsbögen $z = \pi.\sqrt{\frac{l}{2b}}$ lassen sich nun verschiedene nützliche Folgen ableiten; als:

1.) Die Producte aus den Pendellängen in die Quadratzahlen der Schwingungen, welche in einerley Zeit an einem und demselben Orte gemacht werden, sind einander gleich; oder welches dasselbe ist: die Quadratzahlen der Pendelschläge, welche von zwey verschieden langen Pendeln in einerley Zeit gemacht werden, verhalten sich wie verkehrt die Pendellängen. Fig.

Denn da 1 Schwingung in der Zeit $\pi \sqrt{\frac{l}{2b}}$ gemacht wird, so ist zu n Schwingungen die Zeit $n . \pi \sqrt{\frac{l}{2b}}$ erforderlich; eben so braucht eine Pendellänge L zu N Schwingungen die Zeit $N . \pi \sqrt{\frac{L}{2b}}$; da aber diese verschiedene Anzahl Schwingungen der verschieden langen Pendeln in einer gleichen Zeit geschehen sollen, so muß $N \pi \sqrt{\frac{L}{2b}} = n \pi \sqrt{\frac{l}{2b}}$ seyn; hieraus findet man $N^2 L = n^2 l$ . . . . . (A) und endlich $L : l = n^2 : N^2$.

Dieser Satz ist für die Ausübung sehr nützlich; man kann mit Hülfe desselben aus einer bekannten beliebigen Länge eines Pendels $L = 151$ Wiener Zolle z. B., welches in einer beobachteten Zeit, etwa von 7 Minuten $N = 210$ gezählte sehr kleine Schwingungen verrichtet, die Länge des Secundenpendels $= l$ für einen bestimmten Ort finden, welches in eben der Zeit von 7 Minuten $60 . 7 = 420 = n$ Schwingungen verrichten wird. Wenn man nähmlich diese Werthe in die obige Gleichung (A) setzet, so ist

$$l = \frac{N^2 L}{n^2} = \frac{210^2 . 151}{420^2} = \frac{151}{4} = 37\frac{3}{4} \text{ Wiener Zolle.}$$

2.) Aus der bekannten Länge des Secundenpendels $= l$ für einen gewissen Ort läßt sich die Fallhöhe in der ersten Secunde oder die Beschleunigung der Schwere $= b$ für eben diesen Ort bestimmen.

Denn man setze in der obigen Gleichung für $Z = 1$

Fig.

Secunde, so ist $1 = \pi . \sqrt{\frac{1}{2b}}$, hieraus findet man

$b = \frac{1}{2} 1 \pi^2$. Es sey z. B. für Wien die Länge des Secundenpendels $1 = 37\frac{1}{4}$ Zoll $= 3{,}1458$ Schuh auf die vorige Art gefunden worden, so ist die Beschleunigung der Schwere $b = \frac{1}{2} . 3{,}1458 . \pi^2 = 1{,}5729 . \pi^2$;

ferner ist $\log 1{,}5729 = 0{,}1967011$

und $\log \pi^2 = 2 \log 3{,}141 = 0{,}9941358$

mithin $\log b = 1{,}1908369$

und endlich $b = 15{,}518$, oder sehr nahe $15\frac{1}{2}$ Wiener Schuh.

3.) Aus der bekannten Beschleunigung der Schwere $= b$ läßt sich die Länge eines einfachen Pendels bestimmen, dessen jede sehr kleine Schwingung 1 Secunde dauert; denn aus der gefundenen Gleichung $1 = \pi . \sqrt{\frac{1}{2b}}$ findet man $1 = \frac{2b}{\pi^2}$.

Da z. B. für Wien $b = 15{,}518$ Wiener Fuß,

und $2b = 31{,}036$

ferner $\log 2b = 1{,}4918657$ ist;

hiervon $\log \pi^2 = 2 \log \pi = 0{,}9941358$ subtrahirt;

so ist $\log 1 = 0{,}4977299$;

und endlich $1 = 3{,}1458^1 = 3$ Fuß $1\frac{1}{2}$ Zoll $= 37\frac{1}{4}$ W. Zoll.

4.) Von zwey Pendeln, die an einem und demselben Orte schwingen, verhalten sich die Schwungzeiten wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen; und die Pendellängen verhalten sich wie die Quadrate der Schwungzeiten. Denn für die Beschleunigung der Schwere $= b$, für eine Pendellänge $= 1$ und für eine Schwungzeit $= z$ ist vermöge des Vorigen . . . . . $z = \pi . \sqrt{\frac{1}{2b}}$;

für eine Pendellänge $= L$ und

für eine Schwungzeit $= Z$ ist

eben aus diesem Grunde . . $Z = \pi . \sqrt{\frac{L}{2b}}$; Fig.

folglich auch $Z : z = \pi\sqrt{\frac{L}{2b}} : \pi\sqrt{\frac{l}{2b}}$

oder $Z : z = \sqrt{L} : \sqrt{l}$;

oder $Z^2 : z^2 = L : l$.

Einige Anwendungen hiervon folgen weiter unten.

Sechster Abschnitt.

Von dem Schwerpuncte.

I. Von dem Schwerpuncte überhaupt.

§. 56.

In jedem Körper, in jeder Fläche, und in jeder Linie gibt es einen Punct, um welchen herum alle Theile dieser Größen eine solche Lage haben, daß sie im Gleichgewichte sind, wenn jener Punct gehörig und hinlänglich unterstützt wird; man nennt ihn daher den Ruhepunct oder Schwerpunct *).

Eine Ebene, die den Körper durch seinen Schwerpunct schneidet, heißt eine Schwerpunctsebene, und eine ge-

*) Mathematische Linien und Flächen haben zwar im eigentlichen Verstande keinen Schwerpunct, weil sie ihrer Natur nach kein Gewicht haben; jedoch wenn gleich große Theilchen solcher Linien und Flächen durch gleich große Kräfte nach parallelen Richtungen getrieben werden, so gibt es in dergleichen Fällen immer einen gewissen Punct, um welchen, wenn er unterstützt wird, alle Theile im Gleichgewichte sind, und worinn man sich die Kräfte aller Theilchen vereint vorstellen kann. Einen solchen Punct kann man immerhin einen Schwerpunct nennen, wenn schon die angebrachte Kraft (z. B. der Windstrich gegen eine ebene Fläche) von der Schwerkraft verschieden ist.

Fig. rade Linie durch den Schwerpunct des Körpers gezogen, heißt eine Schwerpunctslinie.

Man nennt den Schwerpunct auch den Mittelpunct der Masse, weil man in demselben sich die ganze Masse, oder das ganze Gewicht eines Körpers vereinigt denken kann, indem man nur diesen Punct aufhalten darf, um die ganze Masse des Körpers in Ruhe zu bringen, oder nur diesen Punct bewegen darf, um den ganzen Körper selbst zu bewegen. Man pflegt daher in den Beweisen der Lehrsätze anstatt des ganzen Körpers öfters den Schwerpunct selbst zu setzen.

§. 57.

Die Richtungslinie des Schwerpunctes ist eine gerade Linie, welche aus demselben auf den Horizont senkrecht geführt wird, sie ist also eine Vertikallinie, die verlängert durch den Mittelpunct der Erde gehen würde. Wenn daher ein schwerer Körper an einer Schnur aufgehängt wird, so sind sowohl der Aufhängspunct, als auch der Schwerpunct in dieser Richtungs- oder Vertikallinie anzutreffen. Denn der aufgehängte Punct tilget die Wirkung der Schwerkraft, er ist also der Richtung des zum Fallen geneigten Körpers gerade entgegengesetzt; folglich ist der Aufhängpunct in der Richtungslinie des Schwerpunctes anzutreffen.

§. 58.

Der Mittelpunct der Bewegung ist jener Punct, um welchen sich ein oder mehrere Körper bewegen, die einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben.

Aus den nachfolgenden Paragraphen wird deutlich erhellen, daß jede Linie, jede Fläche und jeder Körper nur einen einzigen Schwerpunct hat.

II. Von der Bestimmung des Schwerpunctes.

§. 59.

Wenn man sich die Schwerpuncte zweyer Körper A und B durch eine unbiegsame gerade Linie (ohne Schwere) ver-

bunden, und diese in einem Puncte C dergestalt unterstützt oder aufgehangen gedenkt, daß sie sich um denselben frey bewegen kann, so wird diese Linie ein mathematischer Hebel, und der Punct C der Ruhepunct oder auch der Stützpunct genennt. Fig. 11.

Hat die Linie, welche die zwey Körper verbindet, eine Schwere; d. h., wird sie durch einen wirklichen Körper, als etwa durch eine Eisenstange, oder durch ein Stück Holz vorgestellt, so wird sie ein physischer Hebel genannt. Von diesem Hebel, von den verschiedenen Arten desselben und deren Gebrauche wird weiter unten gehandelt werden.

§. 60.

Haben zwey Körper A und B gleiche Gewichte, und man verbindet ihre Schwerpuncte vermittelst einer geraden Linie (ohne Schwere), und wird diese in ihrer Mitte C so unterstützt, daß AC = CB ist, und die Bewegung um diesen Punct frey geschehen kann, so stehen die Massen dieser Körper im Gleichgewichte, und der Punct C ist ihr gemeinschaftlicher Schwerpunct.

Denn man denke die Verbindungslinie AB aus ihrer horizontalen Lage, etwa in die schiefe Lage ab gebracht, so beschreiben die Puncte A und B, wegen der vollkommen gleichen Halbmesser AC = CB und der Scheitelwinkel ACa = BCb, in einerley Zeit die gleich großen Bögen Aa = Bb; folglich hat der Punct A eben dieselbe Geschwindigkeit wie der Punct B (§. 26. 3.). Da nun auch die Massen oder Gewichte der Körper als vollkommen gleich vorausgesetzt sind, und da die Größe der wirkenden Kraft oder das mechanische Moment ausgedrückt wird, durch das Product aus der Masse in die Geschwindigkeit (§. 29.), so sind die Momente oder die wirkenden Kräfte der Körper A und B einander gleich; folglich halten sie einander das Gleichgewicht, und der Punct C ist ihr gemeinschaftlicher Schwerpunct (§. 56.). Werden demnach auf der Linie AB mehrere Körper von gleichem Gewichte in gleichen Abständen von dem Ruhepunct C auf beyden Sei-

Fig. 11. ten angebracht, so halten sie immer einander das Gleichgewicht, und C ist wieder ihr gemeinschaftlicher Schwerpunct. Nimmt man die gleichen Gewichte A und B hinweg, so verbleibt auch die gerade Linie A B für sich im Gleichgewichte; daher hat jede gerade Linie ihren Schwerpunct in der Mitte.

§. 61.

12. Wenn die Schwerpuncte A und B zweyer Körper, von ungleichem Gewichte, an einer geraden Linie AB in einem Puncte C so unterstützt werden, daß die Körper im Gleichgewichte sind, so verhalten sich die Gewichte der Körper, wie umgekehrt die Abstände ihrer Schwerpuncte vom Ruhepuncte C; nähmlich wenn A mit B im Gleichgewichte ist, so muß sich verhalten, $A : B = BC : AC$.

Denn man bewege den Körper A durch irgend eine Kraft abwärts, so beschreibt sein Schwerpunct den Bogen A a, während der Punct B in derselben Zeit den Bogen B b aufwärts durchläuft; es muß also die Geschwindigkeit des Punctes B um so viel Mahl größer seyn, als so viel Mahl der Bogen B b den Bogen A a an Länge übertrifft, weil bey der gleichförmigen Bewegung in einerley Zeit die durchlaufenen Räume sich so verhalten, wie die Geschwindigkeiten, (§. 26. 3.). Da aber wegen der Scheitelwinkel $m = n$ die Bogen A a und B b ähnlich sind, und sich verhalten wie ihre Halbmesser, nähmlich $Aa : Bb = AC : BC$ (Geom. 102. II.); so wird die Geschwindigkeit der Puncte A und B sowohl durch ihre durchlaufenen Bögen, als auch durch deren Halbmesser, welche zugleich die Abstände der Schwerpuncte A und B vom Ruhepunct C sind, ausgedrückt und vorgestellt. Die Geschwindigkeit des Punctes B muß demnach 2, 3, 4 . . . oder n Mahl so groß, als die Geschwindigkeit des Punctes A seyn, wenn sein Abstand B C vom Unterstützungspunct 2, 3, 4 . . . oder n Mahl so groß als der Abstand A C ist.

Ist nun die Geschwindigkeit, d. i., der Abstand A C des Körpers A, 2, 3, 4 . . . oder n Mahl kleiner, als die Ge-

schwindigkeit oder der Abstand BC des Körpers B, so muß Fig. 12.
nothwendig die Masse oder das Gewicht des erstern 2, 3, 4, . . . oder n Mahl grösser seyn, als die Masse des zweyten, um einander das Gleichgewicht halten zu können (§. 29. 3.). Nun aber erhält man das Moment des Körpers A, wenn man seine Masse (oder das Gewicht) A mit der Geschwindigkeit, d. i., mit dem Abstande AC, und das Moment des Körpers B, wenn man die Masse B mit der Geschwindigkeit oder dem Abstande BC vom Ruhepuncte multiplizirt, und da die Körper A und B, vermög Voraussetzung, einander das Gleichgewicht halten sollen, so müssen die mechanischen Momente auf beyden Seiten des Unterstützungspunctes gleich, nähmlich A . AC = B . BC seyn; woraus denn endlich die Proportion A : B = BC : AC folgt.

Wenn nähmlich zwey Körper im Gleichgewichte sind, so verhalten sich ihre Massen oder Gewichte, wie umgekehrt ihre Abstände vom Ruhepunct, und dieser Punct ist zugleich der gemeinschaftliche Schwerpunct.

Aus dem Vorigen erhellet auch, daß die bey C angebrachte Kraft eben so groß seyn muß, als die Summe der zwey in A und B angebrachten Kräfte, um diesen widerstehen zu können, und daß daher jene Kraft, erforderlichen Falles, für die Summe dieser zwey Kräfte gesetzt werden kann.

§. 62.

Weil für den Stand des Gleichgewichtes

1.) das Product der Momente kürzer ausgedrückt, und auch leichter im Gedächtnisse behalten werden kann, indem man nur jede wirkende Kraft (Gewicht oder Masse) mit ihrem Abstande vom Ruhepunct, oder mit den in einerley Zeit durchlaufenen Räumen (oder Geschwindigkeiten) multiplizieren, und einander gleich setzen darf; und weil

2.) daraus die Wirkungen der Kräfte leichter beurtheilt werden können, indem der eine Factor eines Moments um eben

Fig. 12. so viel kleiner werden muß, als der andere größer wird, um die Gleichheit der Momente oder das Gleichgewicht nicht zu stören; und

3.) weil eine jede beliebige, von den vier vorkommenden Größen in den zwey gleichen Producten (Momenten) sehr leicht bestimmt werden kann, indem man nur das eine Product durch den zweyten Factor des andern dividiren darf, um die zu suchende Größe zu erhalten, und weil endlich

4.) die zwey gleichen Producte (nach Nr. 207.) doch sehr leicht, wenn es erforderlich ist, in eine Proportion aufgelöst werden können; so wollen wir in der Folge, wo es mit Gewinn an Deutlichkeit oder Kürze geschehen kann, jedes Mahl die wirkenden Kräfte durch die Gleichheit der Momente ausdrücken.

§. 63.

Da vermöge des Vorigen §. 61. die Proportion

$$Aa : Bb = AC : BC$$

oder $Bb : Aa = BC : AC$

und auch $A : B = BC : AC$ Statt findet, so verhält sich auch $A : B = Bb : Aa$; und weil durch die Bögen Aa und Bb, die in einerley Zeit durchlaufenen Räume, und durch die Halbmesser AC und BC die Geschwindigkeiten vorgestellt werden können (§. 61.): so verhalten sich allgemein, im Stande des Gleichgewichtes, die Massen oder Gewichte zweyer Körper, wie umgekehrt die in einerley Zeit durchlaufenen Räume, oder wie ihre Geschwindigkeiten. Oder welches dasselbe ist: das Product aus einer wirkenden Kraft (Gewicht oder Masse, ꝛc.) mit dem Abstand vom Ruhepunct (oder mit ihrer Geschwindigkeit), ist gleich dem Producte aus der andern wirkenden Kraft mit ihrem Abstande vom Ruhepunct, oder mit dem in einerley Zeit durchlaufenen Raume (oder mit ihrer Geschwindigkeit), (§. 62.).

Dieser Satz ist als Hauptgesetz in der ganzen Statik zu Eig.
betrachten, denn es können die in der Folge bey jeder Maschine für den Stand des Gleichgewichtes aufgestellten besondern Lehrsätze auf diesen Satz zurück geführt werden.

§. 64.

Aufgabe. Die Gewichte zweyer verschiedenen Körper 13.
A und B, nebst dem Abstande AB ihrer Schwerpuncte sind gegeben, man soll in der geraden Linie AB einen Punct finden, daß, wenn man diesen Punct hinlänglich unterstützt, jene zwey Körper im Gleichgewichte sind, d. h., man soll ihren gemeinschaftlichen Schwerpunct finden.

Auflösung. Es sey x der zu suchende Punct. Ist einmahl ein Abstand des Schwerpunctes eines Körpers, z. B. der Abstand Ax bestimmt, so darf man diesen nur von der ganzen gegebenen Länge AB abziehen, um auch zugleich den andern Abstand Bx zu wissen; es ist nähmlich $Bx = AB - Ax$. Da nun vermög (§. 61.) die Momente der beyden Körper gleich seyn müssen, um sich das Gleichgewicht halten zu können, so ist . . $A.Ax = B.Bx$

und ferner $A.Ax = B(AB - Ax)$

$A.Ax = B.AB - B.Ax$

$A.Ax + B.Ax = B.AB$

$Ax(A+B) = B.AB$

endlich ist $Ax = \frac{B.AB}{A+B}$

d. h., wenn die Gewichte zweyer Körper und ihre Entfernung bekannt sind, so findet man den Abstand eines Körpers von dem zu suchenden gemeinschaftlichen Schwerpuncte, wenn man das Gewicht des andern Körpers mit dem ganzen Abstande beyder Körper multiplizirt, und dieses Product durch die Summe der Gewichte beyder Körper dividirt.

Nach dieser Regel findet man den Abstand

$$Bx = \frac{A.AB}{A+B}.$$

Fig. 13. Es sey das Gewicht des Körpers A = 20, das Gewicht des Körpers B = 6 Pfund, und die Länge AB = 24 Schuh; so ist der Abstand $Bx = \frac{20.24}{26} = 18\frac{1}{2}$ Sch.; und sodann ist der Abstand $Ax = 24 - 18\frac{1}{2} = 5\frac{1}{2}$; oder nach der obigen Gleichung $Ax = \frac{6.24}{26} = 5\frac{1}{2}$ Schuh.

§. 65.

14. Aufgabe. Wenn mehrere Körper A, C, D, B von verschiedenen Gewichten an einer nähmlichen Linie AB in bekannten Abständen von einander aufgehängt sind, den gemeinschaftlichen Schwerpunct zu finden.

Auflösung. Man suche nach der vorigen Regel zuerst den gemeinschaftlichen Schwerpunct zwischen zwey zunächst an einem Ende aufgehängten Körpern A und C; derselbe sey in x; so ist der Abstand $Ax = \frac{C.AC}{A+C}$. Nun denke man sich in dem Puncte x die Gewichte der beyden Körper A und C vereinigt aufgehängt (§. 61. Zusatz), und suche wieder zwischen dem in x vereinigten Gewichte und dem nächsten Körper D den Schwerpunct y; es ist nähmlich der Abstand $xy = \frac{D.xD}{x+D} = \frac{D(AD - Ax)}{(A+C)+D}$. Endlich denke man in dem Punct y die Gewichte der Körper A + C + D vereinigt, und suche wieder zwischen dem in y vereinigt gedachten Gewichte und dem Körper B den Schwerpunct z, indem man den Abstand $yz = \frac{B.yB}{x+B} = \frac{B(AB - Ay)}{(A+C+D)+B}$ findet. Es ist demnach z der gemeinschaftliche Schwerpunct aller vier Körper.

Wäre z. B. das Gewicht des Körpers A = 5
C = 14
D = 9
B = 12 Pfund,

und der Abstand A C = 18 Fig. 14.
C D = 16
D B = 10 Schuhe; so findet man

$$A x = \frac{14.18}{5+14} = 13{,}26 \text{ Schuhe},$$

$$x y = \frac{9.(34-13{,}26)}{5+14+9} = 6{,}66$$

$$y z = \frac{12.(44-19{,}92)}{5+14+9+12} = 7{,}22 \text{ Schuh.}$$

§. 66.

Aufgabe. Den Schwerpunct des Umfanges eines Dreyeckes zu finden. 15.

Auflösung. Vermög §. 60. ist der Schwerpunct einer jeden geraden Linie in der Mitte, daher sind f, g und d die Schwerpuncte der Linien A B, B C, und C A. Nun messe man, auf einem beliebigen Maßstabe, die Linien A B und B C, so geben ihre Längen in Zahlen das Verhältniß ihrer Schwere an, welche man vermög § 56. in den Schwerpuncten f und g vereinigt denken kann. Gesetzt man habe A B = 60, B C = 40 und den Abstand ihrer Schwerpuncte g f = 20 Theile gefunden, so findet man den gemeinschaftlichen Schwerpunct h dieser Linien vermög §. 64; es ist nähmlich

$$f h = \frac{f g . B C}{AB+BC} = \frac{20.40}{60+40} = 8 \text{ Theile}$$

auf eben demselben Maßstabe. Endlich findet man zwischen den Schwerpuncten h und d den gemeinschaftlichen Schwerpunct i aller drey Seiten des Dreyeckes nach den vorigen Regeln.

Bey einer regelmäßigen Figur fällt der Schwerpunct des Umfanges mit dem Mittelpuncte des umgeschriebenen oder eingeschriebenen Kreises zusammen, d. i., wenn man den Durchmesser des umgeschriebenen oder eingeschriebenen Kreises in zwey gleiche Theile theilet, so ist der Theilungspunct der Schwerpunct des Umfanges der Figur.

Fig.

§. 67.

Aufgabe. Den Schwerpunct geradliniger Flächen zu finden.

1.) **Den Schwerpunct der Fläche eines Dreyeckes zu finden.**

Auflösung. Man halbiere eine von den drey Seiten, z. B. AC, und ziehe aus dem Scheitel C des gegenüber stehenden Winkels B die Gerade BE, so werden in dieser die Schwerpuncte aller gleichlaufenden Linien seyn, welche auf der Oberfläche des Dreyeckes zur Grundlinie gezogen werden können. Weil vermög §. 60 der Schwerpunct jeder geraden Linie in ihrer Mitte ist, und BE durch die Mitte aller dieser Linien geht, so liegt in der Geraden BE der Schwerpunct aller dieser gleichlaufenden; folglich auch der Schwerpunct des Dreyeckes selbst. Aus eben diesem Grunde liegt der Schwerpunct des Dreyeckes auch in der Linie DC, welche aus dem Halbierungspunct D in den gegenüber liegenden Scheitel C über die Fläche des Dreyeckes gezogen wird. Da nun der Schwerpunct des Dreyeckes sowohl in der Geraden BC, als auch in CD anzutreffen ist, und beyde Linien sich nur in dem Puncte F durchschneiden; so muß dieser der gesuchte Schwerpunct selbst seyn. 16.

Dieser Durchschnitts- oder Schwerpunct F ist in jeder der Durchschnittslinie $\frac{2}{3}$ vom Scheitel abwärts, oder $\frac{1}{3}$ der Durchschnittslinie vom Halbierungspunct D oder E aufwärts gegen den Scheitel anzutreffen. Denn man ziehe aus dem Halbierungspuncte E zu AB eine Parallele EG, so ist das Dreyeck

$$ADC \sim EGC,$$

und es verhält sich $AG : EC = AD : EG$

und $AC : EC = 2 : 1$

also auch $AD : EG = 2 : 1$

Ferner ist das Dreyeck $DFB \sim FEG$, wegen der Scheitelwinkel bey F und der Wechselwinkel bey D und G; also verhält sich $DB : EG = BF : FE$

oder $AD : EG = BF : FE$, wegen $AD = DB$

und $AD : EG = 2 : 1$, vermög Obigen

also auch $BF : FE = 2 : 1$. Fig.

und ferner $(BF + FE) : FE = (2 + 1) : 1$ 16.

oder $BE : FE = 3 : 1$;

woraus endlich $FE = \frac{1}{3} BE$ folgt.

Eben dieses findet man auch bey jeder andern aus dem Halbierungspuncte nach dem gegenüber liegenden Scheitel gezogenen Geraden DC u. s. w. Das heißt: man erhält auch den Schwerpunct eines Dreyeckes, wenn man aus einem Winkel auf die gegenüber stehende halbirte Seite eine gerade Linie zieht, diese in drey gleiche Theile theilt, und davon $\frac{1}{3}$ von der Grundlinie aufwärts, oder $\frac{2}{3}$ vom Scheitel abwärts trägt.

2.) Den Schwerpunct eines Trapez oder jeden Viereckes zu finden.

Auflösung. Man ziehe eine Diagonale CB, und be- 17.
stimme nach dem Vorigen den Schwerpunct eines jeden Dreyeckes, verbinde diese Schwerpuncte durch eine Gerade ab; hierauf ziehe man die andere Diagonale AD, und suche auch die Schwerpuncte der Dreyecke ADC und ADB, so wird die gerade Linie cd, welche diese Schwerpuncte verbindet, die Vorige ab schneiden, und der Durchschnitt G wird der gesuchte Schwerpunct seyn.

Auf diese Art kann der Schwerpunct jeder unregelmäßigen Figur gefunden werden, wenn man sie in Dreyecke zerlegt, zu jedem den Schwerpunct suchet, sodann jede zwey Puncte mit einer Geraden verbindet, zwischen welchen wieder neue Schwerpuncte bestimmt werden, und so fort, bis man zum letzten und gemeinschaftlichen Schwerpunct gelangt.

3.) Der Schwerpunct eines jeden Parallelogrammes, folglich auch der eines Rechteckes wird gefunden, wenn man die zwey Diagonalen zieht; der Durchschnittspunct derselben ist der gesuchte Schwerpunct.

4.) Der Schwerpunct der Fläche eines jeden regelmäßigen

Fig. Vieleckes von einer geraden Anzahl Seiten liegt im Mittelpuncte des Vieleckes.

§. 68.

Wenn der Schwerpunct von einem Theile eines Kreises zu bestimmen ist, so verfährt man auf folgende Art:

10. 1.) Den Schwerpunct eines Kreisbogens BAD zu finden.

Man bestimme aus der Länge seiner Sehne BD, und aus der Höhe AE des Bogens seine Länge und den dazu gehörigen Halbmesser AC (Geom. 592.), und schließe: Wie sich die Länge des Bogens BAD zur Länge seiner Sehne BD verhält, eben so verhält sich der Halbmesser des Kreises AC zum Abstande x des Schwerpunctes des Bogens vom Mittelpuncte des Kreises; nähmlich BAD : BD = AC : x, und der Abstand x vom Mittelpunct C ist $= \frac{BD.AC}{BAD} = Cm$. Wie sich diese Größen für den halben Kreisbogen ändern, ist für sich klar.

2.) Den Schwerpunct eines Kreisausschnittes BCDAB zu finden.

Man suche auf die vorige Art den Schwerpunct des Bogens BAD, und schließe: wie sich verhält 3 : 2, eben so verhält sich der Abstand des Schwerpunctes des Bogens zum Abstande des Schwerpunctes des Ausschnittes vom Mittelpuncte C, nähmlich $3 : 2 = Cm : x$; woraus $x = \frac{2Cm}{3} = Cn$ folgt. Die Bestimmung des Schwerpunctes einer halben Kreisfläche erhellet von selbst.

3.) Den Schwerpunct eines Kreisabschnittes BDAB zu bestimmen.

Man bestimme den Flächeninhalt des Ausschnittes BCDAB, des Abschnittes BDAB, und auch des Dreyeckes BCD nach geometrischen Gründen; nachher den Schwerpunct v des Dreyeckes, und den Schwerpunct n des Ausschnittes nach den vori-

gen Regeln, und schließe: wie sich verhält der Flächeninhalt f des Abschnittes zum Flächeninhalt F des Dreyecks, eben so verhält sich der Abstand nv des Schwerpunctes des Dreyeckes und des Ausschnittes zum Abstand nm der Schwerpuncte des Ausschnittes und des Abschnittes, nähmlich: f : F = nv : nm; woraus endlich Fig. 10.

$$nm = \frac{nv \cdot F}{f}$$ gefunden wird.

Aus dem Bisherigen ist es nun leicht, den Schwerpunct von Flächen zu bestimmen, welche aus verschiedenartigen Figuren bestehen.

§. 69.

Aufgabe. Den Schwerpunct eines Körpers practisch zu finden.

Auflösung. 1) Man lege den Körper auf die Schneide eines dreyseitigen Prisma ab, verrücke ihn so lange, bis er ruht, und ziehe nach der Berührung der Schneide auf die Fläche die Linie ab, sodann bringe man ihn wieder auf eben diese Schneide, jedoch in einer von der vorigen verschiedenen Lage, ins Gleichgewicht, und ziehe die Linie cd, welche die vorige durchschneidet; so wird diese den Schwerpunct in e oder eigentlich nur die Gegend bestimmen, innerhalb welcher der eigentliche Schwerpunct in der halben Dicke des Körpers liegt. Immerhin aber werden alle Theile des Körpers an dem Punct e aufgehängt, im Gleichgewichte seyn, vermög §. 57. 18.

2.) Ist ein Körper so beschaffen, daß er aufgehangen werden kann, so bringe man ihn durch das Verrücken des Seiles oder Strickes ins Gleichgewicht, in welchem Falle die Verlängerung des vertikalen Seiles oder Strickes durch den Schwerpunct des Körpers gehen muß (§. 57.). Um diesen Punct zu bestimmen, braucht man also nur den Körper in zwey verschiedenen Lagen aufzuhängen, und in jeder Lage nach hergestelltem Gleichgewichte den Durchschnittspunct des verlängerten Seiles und der Oberfläche des Körpers zu bestimmen, welcher mit dem

Fig. 18. Aufhängepuncte vereinigt, eine durch den Schwerpunct gehende Linie gibt. Man hat also zwey Linien, welche durch den Schwerpunct gehen, der sich daher in ihrem Durchschnitte befindet.

Bey einer hohlen Kugel, bey einem Ringe u. d. gl. liegt der Schwerpunct außerhalb der Masse.

§. 70.

Wenn die Richtungslinie des Schwerpunctes innerhalb der Grundfläche eines Körpers fällt, so steht dieser fest ohne Gefahr zu fallen; fällt sie aber außerhalb der Grundfläche, so wird der Körper fallen, und zwar gegen jener Seite, nach welcher jene Richtungslinie hinweiset.

Denn der Schwerpunct eines Körpers sucht, so lange er nicht lothrecht und hinlänglich unterstützt ist, immer den tiefesten Ort einzunehmen (§. 8.), welchen er nach der Lage des Körpers nur immer erreichen kann. Wenn daher die aus dem Schwerpunct gefällte lothrechte Linie, welche eigentlich die Richtung des Schwerpunctes ist (§. 57.), innerhalb der Grundfläche fällt, so ist der Schwerpunct unterstützt, d. i., seine ganze Kraft zu fallen wird getilgt, indem ihm die Fläche, worauf der Körper steht, gerade entgegen wirkt, oder eigentlich dem Schwerpuncte widersteht; es kann sich also derselbe nicht bewegen, und daher der Körper auch nicht fallen. Fällt aber die Richtungslinie des Schwerpunctes außerhalb der Grundfläche des Körpers, so ist für jenem keine Stütze vorhanden; folglich muß dieser gegen jene Seite hinfallen, nach welcher die Richtungslinie des Schwerpunctes weiset.

Hieraus läßt sich nun erklären: 1) warum ein Würfel auf einer schiefen Fläche herabschleift, und nicht rollet, eine Kugel hingegen herab rollet; denn bey dieser fällt die Richtungslinie jedes Mahl außerhalb, bey jenem aber innerhalb der Grundfläche. 2.) Warum ein Körper mit einer breiten Grundfläche fester stehet, als einer mit einer schmalen Grundfläche. Denn stellen Fig. 16. und 17. die Durchschnitte zweyer solcher Körper vor, und es soll ersterer um die Kante C gestürzt werden, so muß sein Schwerpunct F erst durch den Bogen F f

Fig. 16. und 17.

aufwärts gehoben, und über den höchsten Punct dieses Bogens hinüber bewegt werden, bis er zum Fallen geneigt wird; während der Schwerpunct G des andern Körpers nur etwas Weniges bis zum höchsten Punct des Bogens G f gehoben werden darf, um denselben zum Fallen zu bringen. 3.) Ist erklärbar, warum die Thürme zu Pisa und Bologna in Italien, bey welchen das von der Spitze herab gelassene Senkbley weit außerhalb der Grundfläche fällt, nicht einstürzen, weil die Richtungslinie des Schwerpunctes noch innerhalb der Grundfläche fällt. (Nach einigen sollen diese Thürme ursprünglich so gebaut worden seyn). 4.) Warum wir auf beyden Füssen fester stehen, als auf Einem. 5.) Warum ein Träger, wenn er eine Last auf dem Rücken trägt, sich vorwärts neiget, rückwärts aber, wenn er eine Last in den Armen oder vor der Brust hält. 6.) Warum Seiltänzer auf einem dünnen Drath gehen, ohne zu fallen; denn der senkrecht unterstützte Schwerpunct verhindert den Fall, u. dgl. Fig.

Zweytes Hauptstück.

Von den einfachen Maschinen.

Erster Abschnitt.

Von den Maschinen überhaupt.

§. 71.

Fig. Eine Maschine ist ein Werkzeug, wodurch man bey der Bewegung eines Körpers entweder an Kraft oder an Zeit zu gewinnen sucht. Besteht eine Maschine aus einem oder mehreren Stücken, die nur einen einzigen Bewegungspunct haben, und welche für sich allein die bewegende Kraft vermehren kann; so ist sie eine einfache Maschine. Sind aber mehrere einfache Maschinen dergestalt mit einander verbunden, daß durch die Bewegung der einen sogleich in allen übrigen eine Wirkung oder Bewegung hervor gebracht wird; so wird dieses eine zusammengesetzte Maschine genennt.

So zusammengesetzt und mannigfaltig aber die Maschinen auch immer seyn mögen, so sind sie doch nichts anders, als Verbindungen von sechs einfachen Maschinen, und selbst diese lassen sich wieder auf zwey Grundmaschinen, den Hebel und die schiefe Fläche zurück führen *), nähmlich:

*) Weiter unten werden wir sehen, daß auch bey der schiefen Fläche, wenn auf ihr ein Körper in Ruhe erhalten werden soll, Kraft und Last wie an einem Hebel wirken, daher nehmen einige Mechaniker nur Eine Grundmaschine, den Hebel, an.

Fig.

1. Der Hebel selbst,
2. Die Rolle
3. Das Wellrad } wirken wie der Hebel,
4. Die schiefe Fläche selbst,
5. Der Keil
6. Die Schraube } wirken wie die schiefe Fläche.

§. 72.

Bey jeder Maschine sind hauptsächlich vier Stücke zu beobachten. 1.) die wirkende oder bewegende Kraft, welche man kurzweg Kraft nennt. 2.) Die widerstehende Kraft oder dasjenige, welches durch die bewegende Kraft überwunden werden muß, und daher der Widerstand oder die Last genannt wird. 3.) Der Mittelpunct der Bewegung oder der Unterstützungspunct, welcher auch der Punct des Gleichgewichtes genannt wird, und 4.) die Geschwindigkeit, mit welcher die Kraft und Last sich bewegen.

Die bewegenden Kräfte sind bald belebte Geschöpfe, als Menschen und Thiere; sehr oft aber leblose Körper, als Wasser, Luft, Feuer, nicht selten werden auch federartige Körper oder angehängte Gewichte gebraucht.

Die Last oder der Widerstand ist jedes Hinderniß oder alles dasjenige, welches die bewegende Kraft zu überwinden hat, als z. B. ein fortzuschaffendes Stück Holz, das aufzuhebende Wasser, u. dgl.

Endlich der Stütz- oder Bewegungspunct ist derjenige Theil einer Maschine, um welchen sich andere Theile bewegen, z. B. der Mittelpunct der Achse an einer Schalwage, die Thürangeln u. dgl. In der Folge werden wir, der Kürze wegen, die Kraft meistens nur mit K, die Last mit L, oder den Widerstand mit W, und den Ruhepunct mit R bezeichnen.

§. 73.

Obgleich Muskelkraft und Gewicht der Menschen oft sehr verschieden sind, so zeigt doch die Erfahrung, daß man im

Fig. Durchschnitte die Muskelkraft eines Menschen im horizontalen Zuge nicht höher als 25 bis 30 Pfunde setzen kann, wenn die ausübende Kraft durch längere Zeit anhalten soll. Seine Geschwindigkeit in einer Secunde kann = 2 Schuh, folglich das Moment = 30.2 = 60 Pfund gesetzt werden. Wirkt der Mensch bey einer Maschine nur auf kurze Zeit, oder durch sein Gewicht, so kann seine Kraft nach Umständen auch höher geschätzt werden.

Eben nach Versuchen hat man gefunden, daß ein Pferd 175 Pfunde in einer Stunde 12000 Fuß, ohne zu ermüden fortziehen kann. Hieraus ergibt sich die Geschwindigkeit beynahe doppelt, und die bewegte Last sieben Mahl so groß, als bey einem Menschen.

§. 74.

Jede Kraft, durch welche eine Maschine in Bewegung gesetzt wird, zerfällt in drey Theile. Ein Theil der Kraft wird verwendet, der Last das Gleichgewicht zu halten, wobey weder die Reibung, noch das Gewicht der einzelnen bewegenden Theile der Maschinen in Erwägung gezogen wird; ein anderer Theil dienet die Hindernisse zu überwinden, welche durch die eben erwähnte Reibung und durch das Gewicht der bewegenden Theile der Maschine verursacht werden. Durch den noch übrigen Theil der Kraft endlich wird die Maschine in Bewegung gesetzt, wenn er auch noch so klein wäre, und der bey zusammengesetzten Maschinen in den meisten Fällen auch wirklich der kleinste Theil der Kraft ist, im Vergleich mit den zwey vorigen Theilen. Der erste Theil der Kraft wird durch die Theorie der Statik bestimmt, wenn man vorher die Zusammensetzung der wirkenden Theile der Maschine, d. i., die einfachen Maschinen, woraus das Ganze besteht (§. 71.) erforscht, und nach der folgenden Anweisung das Verhältniß der Kraft zur Last suchet. Der zweyte Theil der verwendeten Kraft wird vermög Gründen der Erfahrung nach Anleitung des §. 123. bis 128. geschätzt. Der dritte Theil der Kraft, welcher nöthig ist, eine Maschine mit der erforderlichen Geschwindigkeit in Bewegung zu setzen, und

darin zu erhalten, kann nicht nach den Elementargründen, sondern nur nach Gründen der höhern Mechanik bestimmt werden; jedoch genügt es in den meisten Fällen, die Größe derjenigen Kraft zu schätzen, welche für die ersten zwey Theile erforderlich ist, da bey der Vermehrung derselben eine Bewegung erfolgen muß, wornach vermittelst der Erfahrung die Brauchbarkeit und der Effect einer Maschine sich beurtheilen läßt. Fig.

§. 75.

Uebrigens muß man bey der Wahl und Anordnung einer Maschine besonders darauf sehen, ob die zu bewegende Last geschwind oder langsam bewegt werden soll, und wie viel Kraft man dazu vorräthig, oder zu verwenden habe. Man kann zwar eine Maschine zusammensetzen, wodurch mit einer sehr geringen Kraft eine ungeheure Last bewegt werden kann; aber diese Bewegung wird nun sehr langsam vor sich gehen. Wollte man z. B. die Anordnung so treffen, daß eine Last von 3600 Pfund mittelst einer Maschine von einer Kraft = 1 Pfund im Gleichgewichte erhalten würde, so müßte auch, wenn die Maschine in Bewegung gesetzet wird, die Last sich 3600 Mahl langsamer bewegen als die Kraft; wenn daher die Kraft auch in jeder Secunde 1 Klafter zurücklegte, so würde die Last erst in einer Stunde 1 Klafter zurücklegen. Soll demnach eine Last möglichst bald an einen bestimmten Ort geschaft werden, so würde eine solche Maschine hierzu nicht taugen. Hat man einen großen Vorrath an bewegender Kraft, so wird es vortheilhafter seyn, die Einrichtung der Maschine so zu wählen, daß zur Bewegung eine größere Kraft erfordert wird, wodurch man geschwinder den bestimmten Zweck erreicht; und so in andern ähnlichen Fällen. Daß man aber bey einer Maschine an Kraft und Zeit zugleich nicht gewinnen kann, erhellet aus der Gleichung $A.AC = B.BC$ (§. 61.), in welcher A und C die beyden Kräfte, AC und BC ihre Geschwindigkeiten vorstellen: bleibt nun AC und B unverändert, so muß BC desto kleiner im Vergleich mit AC werden, je kleiner A in Hinsicht auf B wird, das heißt: Man verliert eben so viel von der 12.

Fig. Geschwindigkeit der Last, als man an der Kraft gewinnt *).

Zweyter Abschnitt.

Von den einfachen Maschinen, welche wie der Hebel wirken.

I. Von dem Hebel selbst.

§. 76.

Der mathematische Hebel ist eine unbiegsame Linie ohne Gewicht (§. 59.); der physische Hebel hingegen ist eine lange, feste und schwere Stange, entweder von Eisen, Holz, u. dgl. Da die Kraft vermittelst des Hebels auf die Last wirkt, so muß derselbe auf einem festen Punct aufliegen, welcher die Unterlage, der Stützpunct oder Ruhepunct heißt. Bey dem physischen Hebel muß auch zugleich sein Gewicht in Betrachtung kommen.

§. 77.

An jedem Hebel sind also drey Puncte zu bemerken; der eine, in welchem die Kraft, der andere, wo die Last angebracht wird, und der dritte, in welchem der Hebel auf der Unterlage oder auf dem Ruhepuncte aufliegt. Diejenigen Theile des Hebels, wovon einer von dem Ruhepuncte bis zur Last, und der

*) Wenn Herr Lindt in seinem Schauplatz der verbesserten Mühlenbaukunst, München 1818, in der Vorrede, anführt, daß man an Kraft und Zeit zugleich gewinnen könne, so ist dieses nur dahin zu verstehen, daß er vermög eines durch viele Versuche gefundenen, und durch Erfahrung erprobten Verhältnisses in der Zusammensetzung der Räder, im Vergleich des bis nun üblichen Verhältnisses bey Räderverbindungen, wie auch dadurch an Kraft oder Geschwindigkeit, also an Zeit mehr gewinne, indem er durch eine zweckmässige Eintheilung der Trieb- und Kammräder die Reibung sehr vermindert.

andere von eben diesem Puncte bis zur Kraft reicht, werden die Hebelsarme genannt, sie mögen gerade, wie Fig. 19, 20, 21 und 22, oder krumm wie (Fig. 19.) maRbn, oder unter einem beliebigen Winkel gebrochen seyn, wie Fig. 23. In allen diesen Figuren bezeichnet R den Ruhepunct, L die Last, und K die angebrachte Kraft. Fig. 19. 20. 21. 22. und 23.

Da der Ruhepunct oder Stützpunct im Wesentlichen zwey verschiedene Lagen erhalten kann, so gibt es auch zwey verschiedene Hebelsarten, den zwey- und einarmigen Hebel, und zwar:

1.) Der zweyarmige Hebel ist derjenige (Fig. 19.), an welchem der Ruhepunct zwischen Kraft und Last oder Widerstand liegt, diese aber an den äußersten Enden angebracht sind. Der zweyarmige Hebel ist gleicharmig, wie bey der Schalwage, oder ungleicharmig wie bey der Schnellwage, bey dem Gebrauch der Hebbäume, Brecheisen, u. d. gl. 19.

2.) Der einarmige Hebel ist derjenige, bey welchem der Ruhepunct an einem Ende des Hebels liegt.

a) Ist dabey die Kraft am andern Ende des Hebels, und die Last zwischen der Kraft und dem Ruhepunct angebracht (Fig. 20.), wie bey Schubkarren, Scheibtruhen u. d. gl.; so heißt man diesen einarmigen Hebel insbesondere den Traghebel. 20.

b) Ist aber die Last an einem Ende, und die Kraft zwischen der Last und dem Ruhepuncte angebracht (Fig. 21.), so heißt dieser einarmige Hebel ein Wurfhebel. Die Natur bedient sich bey dem thierischen Mechanismus durchaus dieses Hebels. Von den alten Völkern brauchten die Griechen und Römer diesen Hebel bey ihrem Wurfgeschütze. 21.

§. 78.

Diejenigen geraden Linien, nach welchen Kraft und Last ihre Wirkungen ausüben, heißen die Richtungen der Kraft und Last, wie Km und Ln (Fig. 19. bis 23). Die geraden Linien, welche man sich aus dem Ruhepuncte auf die Richtungen der Kraft und Last senkrecht gezogen denkt, werden die Ab- 19. bis 23.

Fig. 19. bis 23. stände der Kraft und Last genennt, wie Rn und Rm (Fig. 19. bis 23.). Es ist also klar, daß bey einem geradlinigen Hebel, wo die Kraft und Last senkrecht in denselben wirken, die Hebelsarme selbst die Abstände der Kraft und Last sind, wie Fig. 19. bis 21.; daß hingegen bey gebrochenen und krummarmigen Hebeln die Wirknng der Kraft und Last nicht unmittelbar von der Länge der Hebelsarme abhängt, sondern nur die senkrechten Abstände auf die Richtungen der Kraft und Last, als die wirkenden Hebelsarme betrachtet werden können, wie Fig. 19. bey mabn, und 22. und 23.

§. 79.

Wenn an einem Hebel zwey senkrecht angebrachte Kräfte im Gleichgewichte sind, so ist das Product der einen Kraft, multiplizirt mit ihrem Abstande vom Ruhepunct, gleich der Producte der andern Kraft, multiplizirt mit ihrem Abstande von eben diesem Punete; die Richtungen der Kräfte, oder die Kraft und Last mögen wie immer beschaffen seyn, wenn sie nur mit dem Hebel in einer nähmlichen Ebene liegen.

19. 20. und 21. 1.) Sowohl für den zweyarmigen Hebel (Fig. 19.), als auch für die einarmigen (Fig. 20. u. 21.) gilt ganz der im §. 61. geführte Beweis: nähmlich die Längen mq und np sind die in einerley Zeit beschriebenen Räume u. s. w. (man sehe den §. 61.); folglich ist K.mR das Moment der Kraft, und L.nR das Moment der Last; und da sie einander das Gleichgewicht halten sollen, so muß K.mR = L.nR seyn, d. h. bey allen drey geradlinigen Hebeln ist für den Stand des Gleichgewichtes das Product der Kraft multiplizirt mit ihrem Hebelsarm gleich dem Producte der Last multiplizirt mit ihrem Hebelsarm, woraus sich sodann aus drey bekannten Stücken das vierte leicht finden läßt (§. 62. 3.).

19. 2.) Auch bey dem krummarmigen Hebel maRbn (Fig. 19.) ist im Stande des Gleichgewichtes die Kraft multiplizirt mit ihren Abstande gleich der Last multiplizirt mit ihrem Abstande vom Ruhepunct; es ist

nähmlich K.Rm = L.Rn, weil dieser Hebel ebenfalls als geradlinig zu betrachten ist, indem die Abstände der Kraft und Last vom Ruhepunct nur durch die Senkrechten Rn und Rm, nicht aber durch die Krummen maR und Rbn gemessen werden (§. 78.). Fig. 19.

3.) Sind die Richtungen Bu und Av der Kraft und Last auf die Hebelsarme schief angebracht, wie Fig. 22., so ist im Stande des Gleichgewichtes ebenfalls wieder das Product der Kraft mit ihrem Abstande gleich dem Product der Last mit ihrem Abstande vom Ruhepunct, nähmlich es ist K.Rm = L.Rn. 22.

Dieses einzusehen, errichte man in A und B senkrechte Linien As und Bt auf den Hebel AB, mache As = RB, so wie Bt = AR, und ziehe sv und tu mit AB parallel. Nachher verlängere man die Richtungen der Kraft nnd Last, und führe auf diese Verlängerungen aus dem Ruhepunct R senkrechte Linien Rn und Rm; so sind die Dreyecke RnA und Asv ähnlich; weil sie nebst dem rechten Winkel auch die Winkel nAR und Avs als äußern und innern Winkel der Paralellen vs und AB gleich haben. Aus eben diesem Grunde sind auch die Dreyecke RmB und Btu ähnlich.

Nun verhält sich AR : RB = Bt : As, verm. Construct.

und Rm : RB = Bt : Bu, (Geom. 69.)

also auch AR : Rm = Bu : As; (Rk. 211. II.)

Ferner verhält sich AR : Rn = Av : As, wegen AnR ∽ Avs

folglich auch Rn : Rm = Bu : Av; das heißt: es verhalten sich die schiefen Wirkungen der Kräfte wie die aus dem Ruhepuncte auf dieselben, oder auf ihre Verlängerungen gefällten Senkrechten.

Die schiefen Kräfte Av und Bu lassen sich aber jede in zwey Seitenkräfte zerlegen, nähmlich Av = As + vs, und Bu = Bt + tu vermög §. 40, von welchen nur diejenigen auf den Hebel AB wirklich wirken, welche auf denselben eine senkrechte Richtung haben, wie As und Bt; die übrigen Seitenkräfte vs und tu hingegen, welche mit der Richtung des

Fig. 22. Hebels parallel sind, werden wegen der Festigkeit des Stiftes R gänzlich aufgehoben; also wirkt die senkrechte Kraft As eben so viel, als die schiefe Av, und so ist auch Bt = Bu. Setzt man für Bu und Av die gleichen Werthe in die obige Proportion, so verhält sich

Rn : Rm = Bt : As, } weil AR = Bt,
oder Rn : Rm = AR : RB; } und RB = As ist.

Endlich findet für die senkrecht wirkenden Kräfte As und Bt auf den zweyarmigen Hebel AB die Proportion Statt:

K : L = AR : RB, vermög (§. 79. 1.)

und Rn : Rm = AR : RB, vermög des Obigen,

folglich auch K : L = Rn : Rm; hieraus folgt endlich

K . Rm = L . Rn; das heißt, auch bey der schiefen Wirkung der Kräfte ist im Stande des Gleichgewichtes die Kraft multiplizirt mit ihrem Abstande gleich der Last multiplizirt mit ihrem Abstande vom Ruhepuncte.

4.) Auch bey dem gebrochenen Hebel oder Winkelhebel
23. ARB ist im Stande des Gleichgewichtes, die Kraft multiplizirt mit ihrem Abstande, gleich der Last multiplizirt mit dem Abstande ihrer Richtung vom Ruhepuncte des Hebels; nähmlich K . Rm = L . Rn.

Denn man verlängere einen Hebelsarm BR, mache diese Verlängerung dem andern Hebelsarme gleich, d. i., RD = AR, und bringe in D eine Kraft P an, welche der gegebenen Last L gleich, nähmlich P = L ist, und unter dem gleichen Winkel w = v nach der Richtung DE wirket (§. 23. II.). Ferner führe man auf DP eine Senkrechte RE, so ist das Dreyeck ARn = RDE; folglich ist RE = Rn. In dem geradlinigen doppelarmigen Hebel DB, wo Kraft und Last schief wirken, ist vermöge des Vorigen in 3)

K . Rm = P . RE

endlich K . Rm = L . Rn; wenn man für P und RE die gleichen Werthe setzet.

Der Winkelhebel dienet meistens zur Abänderung der Richtungen der Kraft und Last, wie z. B. bey den sogenannten Stangenkünsten auf Bergwerken, bey Sägemühlen, und mehreren andern Maschinen. Fig.

§. 80.

Und nun kann man von allen Hebelsarten, sie mögen gerad- oder krummlinig, oder gebrochen seyn, und die Kraft und Last mögen senkrecht oder schief in dieselben wirken, allgemein sagen: daß im Stande des Gleichgewichtes die Kraft multiplizirt mit ihrem Abstande vom Ruhepuncte gleich ist, der Last multiplizirt mit ihrem Abstande von eben diesem Puncte; oder welches dasselbe ist, die Kraft verhält sich zur Last, wie umgekehrt die senkrechten Abstände ihrer Richtungslinien vom Ruhepuncte des Hebels.

§. 81.

Durch eine so schiefe Anwendung der Kraft wie in Figur 22. wird diese desto mehr geschwächt, je größer der Winkel A B K ist, unter welchem man sie anbringt; d. h., je schiefer sie wirkt; die größte Wirkung aber wird die Kraft damahls ausüben, wenn ihre Richtung senkrecht auf dem Hebel ist. Hingegen wird die Last desto leichter überwunden, je schiefer ihre Richtung A v auf dem Hebel A B wirkt, weil in diesem Falle von ihrer Gegenwirkung mehr verloren geht, d. i., weil v s größer, und ihr Abstand vom Ruhepunct, n R nähmlich kleiner wird. 22.

Zu dem Hebel werden sehr viele, im gemeinen Leben gebräuchliche Werkzeuge gerechnet, z. B. der gemeine Hebbaum, das Brecheisen oder der Geißfuß, ferner Schaufeln, Scheren, Zangen, Bohrer, Schlüsseln, der Hammer, die Heblade, die Wage u. dgl.

§. 82.

Weil die Hebel, welche in der Anwendung gebraucht werden, schwer sind, so muß man auch ihr Gewicht in Rechnung bringen, oder ihren Schwerpunct bestimmen, welches auf folgende Art geschieht:

Fig. 24. 1. Aufgabe. Es sey das Gewicht des Hebels AB = 36 Pfund, und der Abstand seines Schwerpunctes vom Ruhepuncte R = 8′ gegeben; es seyen auch die Abstände AR = 2′ und RB = 18′ sammt der Last L = 530 Pfund bekannt; man soll die Kraft K finden, welche mit der Last und dem Hebel im Gleichgewichte ist.

Auflösung. Man nehme an, die ganze Schwere des Hebels sey in V vereinigt, und untersuche ferner wie groß das in A aufgehängte Gewicht y seyn muß, welches den Hebel allein im Gleichgewichte zu erhalten im Stande ist, indem

$$AR.y = RV.D$$

oder $2.y = 8.36$ ist; woraus $y = 144$ Pfund folgt, dieses Gewicht wird nähmlich mit dem Hebel allein im Gleichgewichte seyn.

Nun ziehe man das Gewicht y von dem Gewichte L ab, und setze $K.RB = (L-y).AR$,

oder $K.18 = (580-144).2$

oder $K.18 = 872$; woraus man $K = 48\frac{8}{9}$ Pf. findet. Also trägt der Hebel für sich allein 144 Pf., und die Kraft 436 von der Last, weil $436 + 144 = 580$ Pf. sind.

Wenn die Abstände vom Ruhepunct, und das Gewicht des Hebels sammt der Kraft gegeben sind, und es ist die im Gleichgewichte stehende Last zu finden, so sucht man zuerst das Gewicht, welches mit dem Hebel allein, sodann jenes, welches mit der Kraft allein im Gleichgewichte steht, beyde addirt geben das ganze Gewicht der zu suchenden Last.

2. Aufgabe. Es sey die Länge des Hebels AB = 26′, und sein Gewicht, welches in D = 20 Pfund vorgestellt wird, sammt seinem Schwerpuncte V oder der Abstand VB = $\frac{1}{2}$ AB = 13′ gegeben, wie auch die Kraft K = 30 Pfund und die Last L = 610 Pfund bekannt; man soll den Ruhepunct R finden.

Auflösung. Man suche den Schwerpunct zwischen D und K nach §. 64., derselbe sey in F; so findet man FB

$= \frac{D.V.B}{D+K} = \frac{20.13}{50} = 5{,}2'$. Sodann ziehe man FB von AB ab, so verbleibt $AF = 26 - 5{,}2 = 20{,}8'$. Da man sich nun die zwey Gewichte D und K in dem Puncte F vereinigt vorstellen kann (§. 61. Zusatz), so suche man den Schwerpunct zwischen A und F, welcher zugleich den gesuchten Ruhepunct gibt, nähmlich es ist $AR = \frac{50.AF}{50+620} = \frac{50.20{,}8}{670}$ Fig. 24.

$= 1{,}55$ Schuh.

3. Aufgabe. An einem einarmigen Hebel der ersten Art ist sein Gewicht $= 18$ Pfund, und der Schwerpunct E, in welchem man das Gewicht des Hebels versammelt sich vorstellen kann (§. 56.), wie auch die Last $= L = 460$ Pf., und ihr Abstand vom Ruhepuncte $nR = 8'$, und endlich der Abstand $Rm = 24'$ der Kraft gegeben; man soll die Kraft K finden, welche Gleichgewicht hervorbringt. 20.

Auflösung. Weil bey diesem Hebel die zu suchende Kraft das ganze Gewicht des Hebels sowohl, als auch jenes der Last im Gleichgewichte zu erhalten hat, so suche man zuerst das Gewicht a, welches mit dem Hebel allein im Gleichgewichte ist, und sodann auch das Gewicht b, welches der Last L allein das Gleichgewicht hält, addire diese zwey Gewichte, so gibt ihre Summe die gesuchte Kraft, welche dem Hebel und der Last zusammen das Gleichgewicht hält.

Vermög §. 80. ist $a.mR = RE.E$, woraus man das mit dem Hebel allein im Gleichgewicht stehende Gewicht $a = \frac{RE.E}{mR} = \frac{12.18}{24} = 9$ Pfund findet. Ferner ist $b.Rm = L.nR$, woraus das mit der Last allein im Gleichgewicht stehende Gewicht $b = \frac{L.nR}{mR} = \frac{460.8}{24} = 153$ Pf. gefunden wird; folglich ist die ganze mit dem Hebel und der Last im Gleichgewicht stehende Kraft $K = 153 + 9 = 162$ Pfund.

Man hat hier darauf zu sehen, ob bey dieser Art Hebel die Last aufgehoben oder zusammengedrückt wird. Im ersten Falle muß

Fig. 20. die Kraft vermehrt werden, weil der Hebel selbst in der Höhe zu erhalten ist; im zweyten Falle hingegen drückt schon der Hebel selbst durch sein Gewicht die Last zusammen, es wird daher eine geringere Kraft erfordert, als welche an den mathematischen Hebel mit der Last im Gleichgewichte wäre.

4. Aufgabe. In m und R (Fig. 20.) wird ein Balken von 15 Schuh Länge und 36 Pfund Schwere unterstützt; in n, von R entfernt 5 Schuh, sey derselbe mit einem Gewichte L = 60 Pfund beschwert; wie groß ist der Druck in m, und wie groß in R?

Auflösung. Da beyde Stützen in m und R von dem Gewichte des Balkens gleich stark, d. i., jede mit 18 Pfund gedruckt werden, so ist die Länge mR als mathematischer Hebel zu betrachten, und es ist nur noch der Druck auszumitteln, welchen jede Stütze von den aufgelegten Gewichten zu erleiden hat. Vermög §. 79. 1.) ist $m.mR = L.nR$,

daraus findet man $m = \frac{L.nR}{mR} = \frac{60.5}{15} = 20$ Pf, =

der in m drückenden Last (ohne Balken).

Aus gleichem Grunde ist $R = \frac{L.mn}{mR} = \frac{60.10}{15} = 40$ Pf.

Es wird also die Stütze bey m mit $18 + 20 = 38$ Pf.

und jene bey n mit $18 + 20 = 58$ Pf.

gedrückt.

§. 83.

Weil vermittelst eines gemeinen Hebbaumes eine große Last nur auf eine geringe Höhe gehoben werden kann, während die Kraft schon einen beträchtlichen Weg zurücklegen muß, so hat man dieser beschränkten Wirkung des Hebels durch eine Vorrichtung abzuhelfen gesucht, welche man die Heblade nennt.
25. Ihre Einrichtung ist einfach. Sie besteht aus zwey starken, 8 bis 10 Schuh langen, 10 bis 12 Zoll breiten, und 4 Zoll dicken Pfosten, welche an beyden Enden in einem Abstande von 4 Zoll mit eisernen Nägeln und Bändern verbunden sind.

Die Hebstange A C ist entweder ganz oder nur von B bis C aus Eisen, und hat zwey Einschnitte m und n in einer solchen Entfernung als ein Polzenloch der einen Reihe von dem nächstfolgenden der andern Reihe absteht, daher greifen diese Einschnitte in die durchgesteckten Polzen c und b ein. Der Hacken C, an welchem die Last (gewöhnlich ein Baumstamm) vermittelst einer Kette aufgehängt wird, befindet sich entweder zwischen jenen beyden Einschnitten, oder ganz am Ende des Hebels *). Im ersten Falle ist beym Niederdrücken des Hebels keine so große Kraft erforderlich als im zweyten, wo die Last von dem Stützpuncte weiter entfernt ist. Bey dem Gebrauche wird die Heblade an zwey Stützen von jungen Baumstämmen oder derley Aesten gelehnt. Der Hebel A C ruht mit seinen Einschnitten m und n wechselweise auf einen der zwey Polzen c oder b; nähmlich drückt man den Hebel bey A nieder, so wird die Last gehoben, und ruht auf dem hintern Polzen b, während der vordere c frey wird, und in ein höheres Loch der nähmlichen Reihe gesteckt werden kann. Läßt der Druck bey A nach, so hebt sich der Hebel daselbst durch die angehängte Last, und ruht in dem vordern Einschnitt n auf dem vordern Polzen c, wodurch der hintere Polzen b wieder höher gesteckt werden kann, u. s. w. wechselweise fort, bis der Baumstamm so hoch gehoben ist, daß ein Achsgestell eines Wagens darunter geschoben werden kann. Fig. 25.

§. 84.

Eine Wage ist ein Werkzeug, dessen man sich bedient, das Gewicht eines Körpers vermittelst bekannter Gegengewichte zu erforschen. Dazu wird eine feste unbiegsame Stange von Eisen, der Wagebalken, genannt, mit gleichen oder ungleichen Armen gebraucht. Die gemeine Wage mit gleichen Hebelsarmen heißt eine Krammerwage oder Schalwage. Die Wage mit ungleichen Hebelsarmen heißt die Schnellwage. Hierzu gehört die römische Wage, bey welcher das 26. 27.

*) In der Wirklichkeit ist also nur Ein Hacken an den Hebel AC,

Fig. 27. Gegengewicht am längern Arme beweglich ist; und die schwedische Wage, bey welcher der Ring, woran der Wagebalken hängt, sich längs desselben verschieben läßt, während das Gegengewicht fest verbleibt.

§. 85.

Bey der gemeinen Wage muß der Wagebalken ein gleicharmiger Hebel seyn, damit, im Stande des Gleichgewichtes, das Gewicht des abzuwägenden Körpers dem bekannten Gegen-
26. gewichte gleich sey. In A und B, an beyden Enden des Wagebalkens, sind die Aufhängpuncte der gleichschweren Wageschalen. In der Mitte der geraden Linie AB, welche diese Aufhängpuncte verbindet, muß der Schwerpunct C des ganzen vollständig fertigen Wagebalkens liegen. In der Geraden CR, die auf AB senkrecht ist, etwas weniges über AB in R, sind auf beyden Seitenflächen des Wagebalkens die Zapfen angebracht, welche sich unten in eine Schärfe nach Art eines Keils endigen, damit sich der Balken um diese Schärfe als um seine Achse drehen könne, wenn die Zapfen in den Pfannen der Schere liegen (Lit. M). Weil bey dieser Einrichtung der Unterstützungspunct oder Ruhepunct R etwas höher liegt, als der Schwerpunct C, so kann der Wagebalken sowohl für sich allein, als auch wenn die Schalen daran hängen, und gleiche Gewichte darin liegen, nur alsdann ruhen, wenn RC vertikal und folglich AB horizontal ist. Diese Lage anzuzeigen, dienet die auf AB senkrechte Zunge CF in der Verlängerung CR, welche bey der horizontalen Lage des Wagebalkens in dem Zwischenraume der vertikal aufgehängten Schere einspielt, in deren Pfannen der Wagebalken mit seinen Zapfen aufliegt.

Wenn in die eine Schale ein Gewicht G, und in die andere eine Waare W, die etwas schwerer als das Gegengewicht ist, gelegt wird, so kommt der Wagebalken in die Lage ab, und es macht die Zunge CF mit der vertikal aufgehängten Schere einen Winkel fRF, welchen man den Ausschlag nennt. Eine Wage ist desto empfindlicher, je näher R an C, und umgekehrt, desto unempfindlicher und fauler, je weiter R von C liegt.

§. 86.

Fig. 26.

Eine Krämmerwage ist falsch oder betrüglich, wenn der eine Arm länger als der andere, und dabey auch die zweyte Wagschale schwerer als die erste ist, damit unbelastet die Wagschalen einander doch im Gleichgewichte erhalten. Vermuthet man Betrug, so entdeckt man ihn gewiß durch Verwechslung der Wagschalen, oder noch leichter dadurch, wenn man die Waare und das zugehörige Gegengewicht verwechselt.

Durch letzteres kann daher auch vermittelst einer falschen Wage das wirkliche Gewicht einer Waare gefunden werden, wenn man nähmlich die Waare W wiegt, und das dazu gebrauchte Gegengewicht G anmerkt, sodann die Waare W in die andere Schale legt, und wieder das Gewicht g vormerkt, welches jetzt die Waare wiegt, und endlich beyde Gewichte G und g miteinander multiplizirt, und aus diesem Producte die Quadratwurzel zieht; so wird diese das richtige Gewicht der Waare angeben.

Denn nach dem Gesetze des Hebels (§. 80.) verhält sich
$W : G = BR : AR$, und nach der Verwechselung
$g : W = BR : AR$; also auch
$W : G = g : W$ (Rk. 208)
oder $W^2 = Gg$
endlich $W = \sqrt{Gg}$.
Es sey z. B. das Gewicht $G = 10$ und $g = 9$; so ist $W = 9{,}49 = 9\frac{1}{2}$ sehr nahe. Daher kann man den Fehler eines Armes leicht entdecken: denn es würde in diesem Falle sich verhalten $BR : AR = 9{,}49 : 9$ oder sehr nahe wie $9\frac{1}{2} : 9$.

§. 87.

Eine der nützlichsten Anwendungen des Hebels, und zwar des ungleicharmigen sehen wir an der Schnellwage. Sie ist so eingerichtet, daß man vermittelst eines auf dem langen Arme verschiebbaren beständigen Gewichtes, der Läufer genannt, verschiedene Lasten abwägen kann, welche am Ende des kurzen Armes, mittelst eines Hakens oder einer Wagschale angehängt werden. 27.

Fig. 27. Wäre z. B. L die angehängte Last, AR der kurze, RB der lange Arm, AB = 7AR, und der Läufer = 1 Pfund stünde in B, so könnte man auf dieser Wage bis 7 Pfund abwägen, weil die Momente L.AR = K.RB oder L.1 = 1.7, und daher L = 7 ist. Wäre bey den obigen Angaben der Läufer = 2 Pf., so könnte man auf dieser Wage bis 14 Pf. abwägen. Denn brächte man die Wage durch den Läufer bey a ins Gleichgewicht, so würde die Last ebenfalls zu 2 Pf., bey b zu 2.2 = 4 Pf., bey c zu 2.3 = 6 Pf. u. s. w., und endlich bey B zu 2.7 = 14 Pfund betragen müssen (§. 80.). Ist demnach der lange Arm RB hundert Mahl so lang, als der kurze AR, so würde man auf einer solchen Wage mit einem Läufer von 1 Pfund, Lasten bis 100 Pf., durch einen Läufer von 2 Pf., Lasten bis 200 Pf. u. s. w. abwägen können.

Hieraus erhellet die Verfertigungsart der Schnellwagen von selbst. Wenn nähmlich der kürzere Arm dem längern das Gleichgewicht hält, so ist es sehr leicht, den langen Arm so einzutheilen, daß man mit einem und demselben beweglichen Gegengewichte verschiedene Lasten abwägen kann, weil in einem solchen Falle der Wagebalken für einen mathematischen Hebel anzusehen ist, bey welchem im Stande des Gleichgewichtes die Producte aus den Gewichten in ihre Abstände vom Ruhepunct einander gleich sind. Wenn der kürzere Arm auch nicht mit dem längern ins Gleichgewicht gesetzt ist, so kann doch der Wagebalken vermöge Gründen der Theorie gehörig eingetheilt werden, allein es ist eben so gut, und für die Richtigkeit der Ausübung sicher und genau genug, die Eintheilungen des Wagebalkens bey der Schnellwage durch Versuche zu bestimmen.

Die Abstände der einzelnen Pfunde pflegt man noch in 2 oder 4 gleiche Theile zu theilen, um auch halbe oder Viertelpfunde abwägen zu können,

Diese Art Wage ist im bürgerlichen Leben von großer Bequemlichkeit, weil man mit einem einzigen Gewichte verschiedene sehr große Lasten abwägen kann, z. B. beladene Heuwägen, Ver-

schläge und Fässer in den Maut- und Zollhäusern u. dgl. Allein man kann durch eine solche Wage auch leicht betrogen werden, weil sie nur schwer geprüft, und der Fehler nicht so leicht entdeckt werden kann, wie bey der Schalwage. Bey hinlänglichen vorräthigen Gewichten hängt man zur Prüfung nach dem Abwägen einer Waare an ihre Stelle die zum Gleichgewichte nöthigen Gewichte, welche bey der Richtigkeit der Wage der gewogenen Waare gleich seyn müssen. Fig.

II. Von der Rolle.

§. 88.

Eine kreisrunde Scheibe, die um ihren Mittelpunct beweglich ist, und an ihrem Umfange eine Vertiefung hat, daß man ein Seil oder eine Kette herumschlagen, und vermittelst derselben die Scheibe umdrehen kann, wird eine Rolle genennt (Fig. 28.). 28.

§. 89.

Diejenige Rolle, welche während der Bewegung ihren Mittelpunct, folglich ihren Ort nicht verändert, heißt man eine feste Rolle (Fig. 29. und 30.), und jene, welche mit der Last zugleich sich bewegt, und ihren Ort verändert, heißt eine bewegliche oder Zugrolle (Fig. 31.). 29. 30. 31.

Weil die Rolle an ihren Mittelpuncte beweglich ist, so kann die Achse entweder zwischen zwey hölzernen oder eisernen Stäben, die man einen Kloben nennt, fest gemacht werden, so daß sich die Rolle um die feste Achse bewege, oder, es kann die Achse im Mittelpuncte der Rolle festgemacht werden, so daß ihre Ende auf eisernen oder metallenen Bogen aufliegen, und die Achse zugleich mit der Rolle sich herumbewege. Diese letztere Einrichtung vermindert die Reibung, da hingegen bey der erstern wegen der beständigen Reibung der Scheibe an der Achse die Mitte der Rolle sich immer mehr aushöhlt, daher der Mittelpunct der Scheibe zuletzt nicht mehr mit dem Mittelpunct der Bewegung zusammentrifft, und dadurch die Reibung sehr vermehrt wird.

Fig.

§. 90.

Wenn an einer festen Rolle die Kraft mit der Last im Gleichgewichte ist, und beyde in gleichlaufenden oder parallelen Richtungen wirken, so muß die Kraft eben so groß als die Last seyn.

29. Denn die Gewichte hängen vermög ihrer Schwere lothrecht herab, daher wirken sie auf die Rolle in den Puncten A und B. Nun aber ist die Rolle im Mittelpunct der Bewegung, d. i., in ihren Schwerpuncte, und zugleich in der Mitte des Durchmessers AB aufgehängt, also ist R der Ruhepunct, und AB als ein zweyarmiger Hebel zu betrachten, an welchem im Stande des Gleichgewichtes die Momente der Kraft und Last gleich seyn müssen, nähmlich $K.BR = L.AR$; weil aber AR und BR als Halbmesser des nähmlichen Kreises einander gleich sind, so folgt hieraus $K = L$ (Rk. 44. I.).

Dieses gilt auch, wenn schon die Kraft und Last nicht parallel, sondern nach schiefen Richtungen wie ln und mk wirken, weil die Abstände dieser Richtungen vom Ruhepunct jedes Mahl Halbmesser eines Kreises, folglich einander gleich sind.

Durch die feste Rolle gewinnt man zwar weder an Kraft noch an Geschwindigkeit oder Zeit, weil, wie aus dem Vorigen erhellet, die Kraft eben so groß als die Last seyn muß, und jene einen eben so großen Weg als diese in der nähmlichen Zeit zu durchlaufen hat. Indessen dient sie doch sehr vortheilhaft zur Verminderung der Reibung, und zur Abänderung der Richtungen der Kraft und Last, wobey man öfters an Kraft oder Zeit dadurch gewinnt, daß man z. B. anstatt Menschen
30. Pferde u. d. gl. verwenden kann, wie aus der Fig. 30. zu ersehen ist.

§. 91.

1.) Wenn bey der Zugrolle die Seile parallel gespannt sind, so muß im Stande des Gleichgewichtes die Kraft der halben Last gleich seyn.

Denn diese Rolle ist als ein einarmiger Hebel der ersten

Art zu betrachten (Fig. 31.), an welchem die Kraft in m, die Last in n, und der Ruhepunct in R angebracht ist. Fig. 31.

Nun ist K . Rm = L . Rn, vermög §. 80.,

und Rm = 2Rn;

daher K . 2Rn = L . Rn, (Rk. 18. II.);

oder K . 2 = L,

endlich $K = \frac{L}{2}$.

2.) Wirken aber Kraft und Last nicht parallel, sondern unter gleichen Winkeln nach schiefen Richtungen qr und pk, so ist die Kraft multiplizirt mit der Sehne des umschlungenen Bogens gleich der Last multiplizirt mit dem Halbmesser der Rolle,

nähmlich k . rp = L . Rn.

Denn es verhält sich k : L = (ri = ip) : rv, (§. 80.).

im Dreyecke nip ∽ rvp verhält sich ip : pn = rv : rp,

oder ip : rv = pn : rp

daher auch k : L = pn : rp

oder k : L = Rn : rp

und endlich ist k . rp = L . Rn.

III. Von dem Wellrade, oder von dem Rad an der Welle.

§. 92.

Wenn sich eine Kraft in einem Kreis herum bewegt, und einen Zylinder mit sich herumdreht, an welchem die Last angebracht ist, so wird diese Maschine ein Wellrad oder ein Rad an der Welle genennt.

Der Zylinder, an welchem die Last gewöhnlich mittelst eines Strickes aufgewunden wird, heißt die Achse oder die Welle, und jene Puncte, auf welchen die Welle aufliegt oder steht, und sich herum dreht, werden die Lagerzapfen genennt.

§. 93.

Fig. 32. Ein Wellrad, bey welchem die Achse eine horizontale Lage hat, wird ein Haspel genennt (Fig. 32.). Anstatt des Rades pflegt man öfters auch nur Stangen ab und cd zu nehmen, welche Sprossen oder Kreuzstäbe heißen. Diese Stäbe werden in Gestalt eines Kreuzes entweder in der Mitte der Welle durchgeschlagen, oder an einem Ende der Achse, oder auch an beyden zugleich angebracht; so wie auch an beyden Seiten Räder angebracht werden können. Bisweilen wird an-

33. statt der Räder oder der Kreuzstäbe nur eine Kurbel (Fig. 33.) genommen. Der Theil ef wird der Kurbelbug, und fg der Kurbelgriff genennt. Zuweilen ist der Kurbelbug nach einen Kreisbogen emg gekrümmt, jedoch wirkt er nicht mehr als der gerade eg von der nähmlichen Weite. Werden zwey Kurbeln angebracht, so ist es nicht vortheilhaft, wenn dieselben in einer und derselben Ebene entgegengesetzt eingerichtet sind, wie gewöhnlich zu geschehen pflegt, sondern sie müssen unter einem etwas stumpfen Winkel n = 135° angebracht werden, und so überwinden zwey Arbeiter eine und , größere Last leichter als nach der vorigen Art. Drey Kurbeln müssen, der Erfahrung gemäß, unter Winkeln von 120°, und vier Kurbeln unter 90° vertheilt werden.

Da bey der Umtreibung einer Kurbel der Arm des Arbeiters gleichsam als Hebel wirkt, und dieser, wenn er die Kurbel gegen seinen Leib anzieht, kürzer, daher die wirkende Kraft hier, bis der Arm sich wieder ausstreckt, vermindert wird, so pflegt man an der entgegengesetzten Seite der Welle eine große eiserne Kugel (oder eingegossenes Bley u. d. gl.) in Gestalt eines Kurbelbuges anzubringen, damit dieselbe durch ihre Schwere (gleichsam als Schwungrad wirkend) dem geschwächten, als Hebel wirkenden Arm des Arbeiters zu Hülfe kommt, und so die Bewegung gleichförmig erhält.

§. 94.

Hat bey einem Wellrade die Achse oder Welle eine senkrechte Stellung (Fig. 34.), so wird dasselbe eine Winde oder

ein Göpel genennt. Hier werden längere Hebel oder Stäbe durch die Mitte des durchlöcherten Zylinders oder der Walze gesteckt, wodurch die angebrachte Kraft vermittelst derselben eine desto größere Last bewegen kann. Denn es können dabey viele Menschen, an jeder Stange zwey oder drey nebeneinander gehend, angestellt werden, die diese Stangen oder Stäbe vor sich her bewegen, deßwegen diese Maschine auch Brustzug genennt wird. Damit man mittelst derselben eine Last aus einer Tiefe, oder auf eine Höhe aufziehen könne, muß noch eine feste Rolle bey a angebracht werden, welche der Richtung die gehörige Abänderung gibt. Fig. 34.

§. 95.

Bey dem Wellrade ist im Stande des Gleichgewichtes die Kraft multiplizirt mit dem Halbmesser des Rades, gleich der Last multiplizirt mit dem Halbmesser der Welle; wenn Last und Kraft auf die Halbmesser senkrecht wirken.

Denn das Wellrad kann man als einen zweyarmigen Hebel betrachten, bey welchem in dem Mittelpuncte der Welle der Ruhepunct R, an dem Endpuncte n derselben die Last, und an dem Endpuncte m des Rades nach der Richtung der Tangente die Kraft angebracht ist; also ist K.Rm = L.Rn vermög §. 80. 35.

Wirkt die Kraft nicht nach der Richtung der Tangente vermittelst des Seiles ohne Ende, sondern ist die Kraft etwa am Ende der Speichen bey k angebracht, so wird der Hebelsarm der Kraft kürzer, und man muß in die obige Gleichung für Rm den innern Halbmesser Rk des Rades setzen. Wird das Rad durch das Treten eines Menschen, der sich bemüht, an der innern Peripherie des Rades im Laufrade hinauf zu steigen, also durch seine Schwere in Bewegung gesetzt, so muß in diesem Falle in die obige Gleichung Rk anstatt Rm gesetzt werden.

Zu dem Halbmesser der Welle Rn muß man, genau genommen, bey der einfachen Aufwickelung des Seils noch die halbe Dicke des-

Fig. selben, und so bey jeder nachfolgenden Aufwindung jedes Mahl die ganze Dicke des Seils hinzuaddiren, um den richtigen Hebelsarm der Last zu erhalten.

§. 96.

Wenn anstatt des Rades Stangen, ab, cd oder Kurbeln ef (Fig. 32. und 33.) genommen werden, so findet ebenfalls die Gleichheit der obigen Producte Statt, die Welle mag horizontal oder senkrecht stehen. Uebrigens wird das Wellrad meistens gebraucht, wenn große Lasten auf große Höhen oder aus großen Tiefen aufgezogen, oder auch auf horizontalen oder schiefen Flächen herbey geschaft werden sollen; z. B. bey Gebäuden, in Bergwerken, u. dgl.

Zu dieser Maschine zählt man auch Zahnräder, Treträder, Wasserräder, die durch Thiere oder Menschen im Kreise herumgetrieben werden.

Dritter Abschnitt.

Von den einfachen Maschinen, welche wie die schiefe Fläche wirken.

I. Von der schiefen Fläche selbst.

§. 97.

Wenn ein Körper durch eine Kraft auf einer schiefen Fläche im Gleichgewichte erhalten werden soll, und die Richtung der Kraft ist mit der schiefen Fläche parallel, so verhält sich Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Fläche zu ihrer Länge, oder welches dasselbe ist, die Kraft multiplizirt mit der Länge der schiefen Fläche ist gleich der Last multiplizirt mit der
36. Höhe derselben, nähmlich K : L = CB : AB; oder K.AB = L.CB.

Denn man ziehe aus dem Schwerpuncte m des Körpers ine Senkrechte mR auf die schiefe Fläche AB, so wird R der Ruhepunct seyn, in welchem nähmlich die Last

während des Gleichgewichtes auf der schiefen Fläche ruht, und Fig. 36.
mR ist der Abstand der Richtungslinie mK der Kraft von dem Ruhepunct. Zieht man ferner aus m eine Senkrechte mp auf die horizontale Grundfläche AC, so wird sie die Richtung der Last anzeigen, nach welcher diese vermög ihrer Schwere frey fallen würde, wenn kein Hinderniß da wäre. Endlich ist die Senkrechte Rn auf mp der Abstand der Richtungslinie der Last vom Ruhepunct, und man kann nun nR und Rm als die Arme eines gebrochenen Hebels betrachten, an dessen einem Endpunete n die Last, und an dem andern m die Kraft angebracht, R aber der Ruhepunct ist; folglich verhält sich K : L = nR : Rm vermög §. 80. Nun aber sind die rechtwinkeligen Dreyecke nRm und ABC ähnlich (Geom. 60. I.); also verhält sich nR : Rm = CB : AB; folglich auch

K : L = CB : AB, und endlich ist

K.AB = L.CB.

Nimmt man die Länge AB der schiefen Fläche als den Sinustotus an, so wird die Höhe BC der Sinus des Neigungswinkels BAC der schiefen Fläche gegen den Horizont. Setzt man diese Werthe für AB und BC in die vorige Proportion, so erhält man K : L = sin BAC : sintot.

oder K : L = sin A : 1.

endlich K = L . sin A, d. h., um die Kraft zu finden, welche im Stande ist, eine Last auf einer schiefen Fläche in Ruhe zu erhalten, muß man die Last mit dem Sinus des Erhöhungswinkels der schiefen Fläche multipliziren (§. 44. 1.).

§. 98.

Ist die Richtung mq der Kraft nicht mit der schiefen Fläche AB, sondern mit der Grundfläche AC parallel, so ist die Kraft multiplizirt mit der Länge der horizontalen Grundfläche, gleich der Last multiplizirt mit der Höhe der schiefen Fläche; nähmlich es ist K.AC = L.CB.

Denn man ziehe wieder aus dem Ruhepuncte R die senkrechten Abstände Rn und Rt auf die Richtungslinie mp und

Fig. 36. mq der Last und Kraft, so ist nRt wieder als ein Winkelhebel zu betrachten, an welchem sich verhält K : L = Rn : Rt. Da ferner die rechtwinkeligen Dreyecke mnR und ACB ähnlich sind, und mn = Rt ist, so verhält sich

Rn : (mn = Rt) = CB : AC,

folglich auch K : L = CB : AC,

daher ist K . AC = L . CB.

Sieht man AC als den sinus totus an, so ist CB die Tangente des Winkels A, und man findet K = L . tang. A; d. h., bey dieser Richtung der Kraft findet man die Größe derselben, welche eine Last auf der schiefen Fläche in Ruhe zu erhalten im Stande ist; wenn man die gegebene Last mit der Tangente des Erhöhungswinkels der schiefen Fläche multiplizirt.

§. 99.

Aus diesem erhellet nun schon, daß bey einer Richtung der Kraft, welche von den vorigen zwey Richtungen Km und mq mehr auf- oder abwärts abweicht, auch die Kraft desto größer seyn muß, je größer die aufwärtige Abweichung der Richtung der Kraft von mK, oder die abwärtige von mq ist. Man findet das Verhältniß der Kraft zur Last auf ähnliche Art wie vorhin, wenn man aus dem Ruhepuncte R auf die Richtungen der Kraft die senkrechten Abstände zieht, und sodann die sich ergebenden Dreyecke in Betrachtung nimmt. Da jedoch solche schiefe Richtungen in der Anwendung nicht leicht vorkommen, so wollen wir nicht länger dabey verweilen, und es genügt uns, aus dem Bisherigen den Schluß zu ziehen: daß eine Last auf einer und derselben schiefen Fläche am leichtesten durch eine Kraft im Gleichgewichte erhalten wird, wenn die Richtung der Kraft mit der schiefen Fläche parallel ist, und daß bey jeder andern Richtung als dieser eine größere Kraft erfordert werde, um die Last im Gleichgewichte zu erhalten.

Daher werden Pferde die wenigste Kraft anzuwenden haben, einen Wagen auf einen Berg zu ziehen, wenn sie so angespannt werden, daß die Zugstränge mit der schiefen Fläche

des Berges parallel sind. Hingegen werden sie am meisten sich anstrengen müssen, wenn sie bereits auf der obern mit dem Horizont AC parallelen Fläche ac des Berges gehen, während der Wagen noch auf der schiefen Fläche Aa desselben sich befindet. Fig. 36.

Aus dem bisher Gesagten können wir nun erklären:

1.) Warum bey den Schubkarren, Scheibtruhen, und dem Fuhrwerke überhaupt, wie auch bey dem sogenannten Hund der Bergleute die Räder nur bis auf eine gewisse Gränze groß gemacht werden, indem sie doch, da sie als Hebel wirken, eine desto größere Wirkung hervorbringen müßten, je größer die Räder gemacht würden.

2.) Warum man bey 4räderigen Fuhrwerken die hindern Räder größer als die vordern macht? u. d. gl.

§. 100.

Uebrigens braucht man die schiefe Fläche, um große Lasten leichter aus der Tiefe in die Höhe zu heben, oder von einer Höhe in die Tiefe herabzulassen. In beyden Fällen kann man der Kraft zu Hülfe kommen, wenn man um die Last ein paar Seile schlinget, wodurch auch noch besonders bey runden Körpern das Zurückrollen beym Aufladen, und das zu schnelle Rollen beym Abladen verhindert wird. Bey Körpern mit breiten Grundflächen wird durch untergelegte Rollen oder Walzen die Bewegung erleichtert. Auch die bekannten Holzriesen, über welche mehrere tausend Klaftern Holz von steilen unfahrbaren Bergwänden in die Thäler gebracht werden, sind Anwendungen der schiefen Fläche, wovon in der Folge noch mehr gesagt werden wird. In allen diesen Fällen bleibt die schiefe Fläche unbeweglich.

Ein anderer, jedoch seltener Gebrauch der schiefen Fläche ist derjenige, bey welchem sie unter den aufzuhebenden Körper geschoben, folglich bewegt wird, wobey ebenfalls Kraft zur Last sich verhält, wie die Grundlinie AC zur Höhe CB der schiefen Fläche.

Obgleich in der Figur zur Erweisung des Gleichgewichtes der Kraft

Fig. 36. und Last auf einer schiefen Fläche ein kugelförmiger Körper für die Last angenommen wurde, so ist doch eben dasselbe auch von Körpern einer jeden andern Figur zu verstehen, nur wird eine stärkere Reibung bey denselben entstehen, daher wird zur bloßen Erhaltung der Last eine mindere, und zur wirklichen Bewegung eine größere Kraft erfordert, wovon jedoch weiter unten das Nöthige noch vorkommen wird.

II. Von dem Keile.

§. 101.

37. Der Keil ist ein dreyseitiges Prisma, welches man sich aus zwey schiefen Flächen, die an der größern Kathede aneinander gelegt sind, zusammengesetzt vorstellen kann. Die Senkrechte CD, welche man von der Schneide C des Keiles auf die gegenüberstehende Grundlinie AB gedenkt, heißt die Länge, und AB die Breite desselben.

§. 102.

Wenn bey dem Keile die Kraft nach der senkrechten Richtung CD und AB wirkt, so verhält sich im Stande des Gleichgewichtes die Kraft zur Last, oder hier eigentlich die Kraft zum Widerstand, wie die Breite des Keiles zur Länge, oder welches gleichviel ist, die Kraft multiplizirt mit der Länge des Keils ist gleich dem Widerstande multiplizirt mit der Breite desselben, nähmlich K.CD = W.AB.

Denn der Keil ist als zwey aneinander gelegte schiefe Flächen CDA und CDB zu betrachten, bey welchem die Kraft fast immer auf die Mitte seiner Breite, also senkrecht auf seine Länge oder auf die gemeinschaftliche Grundlinie AB der schiefen Flächen entweder vermittelst Schlagen oder Drücken wirkt, wodurch derselbe in den zu spaltenden Körper bis auf eine bestimmte Tiefe GC hinein getrieben wird, während die zu trennenden Theile in den Abstand EF von einander weichen, und jeder Punct E und F des Widerstandes einzeln genommen den Raum GE und GF beschreibt.

Vermög §. 98. wird bey dieser Richtung der Kraft die Wirkung der schiefen Fläche ACD durch $\frac{W.AD}{CD}$, und die Wirkung der schiefen Fläche BCD durch $\frac{W.DB}{CD}$ ausgedrückt, daher ist die wirkende Kraft des Keils ACB $= \frac{W.AD}{CD} + \frac{W.DB}{CD} = \frac{W(AD+DB)}{CD} = \frac{W.AB}{CD}$; oder die angebrachte Kraft $K = \frac{W.AB}{CD}$; woraus $K.CD = W.AB$, oder $K : W = AB : CD$ folgt. Fig. 37.

Man braucht den Keil, um fest zusammenhängende Körper zu spalten, indem man ihn vermittelst eines Hammers oder Schlegels zwischen die Theile derselben hineintreibt, und auf solche Art ihren Zusammenhang trennt. Die zusammenhängenden Theile stellen also den Widerstand oder die Last vor, und die Gewalt des Hammers, womit der Keil eingeschlagen wird, die Kraft. Es ist einleuchtend, daß die verschiedenen Wirkungen der Keile von dem verschiedenen Verhältnisse abhängt, welches die Breite zur Länge hat, d. i., je schmäler und länger ein Keil ist, desto weniger Kraft, und je breiter und kürzer er ist, desto mehr Kraft muß man anwenden, um eine Wirkung hervorzubringen.

Zu dem Keile werden sehr viele Werkzeuge, die im täglichen Gebrauche vorkommen, gerechnet, als: Arten, Säbeln, Bohrer, Meißel, Messer, die Gewölbsteine, auch die Treiblade der Zimmerleute, wodurch sie durch mehrere hineinander in die Lade getriebenen Keile ausgewichene Wände oder Pfeiler u. dgl. wieder gerade richten, u. a. m.; überhaupt alle solche Werkzeuge, die allmählich in eine Spitze oder Schneide zusammenlaufen, wirken als Keil.

III. Von der Schraube.

§. 103.

Denkt man sich um einen Zylinder ABid mehrere rechtwinkelige gleiche Dreyecke bdc, ace, feg . . . ., deren 38.

Fig. 38. längere Katheden db, ca, ef .... genau dem Umfang des Zylinders gleich sind, herumgebogen, so bilden die Hypothenusen dieser Dreyecke eine ununterbrochene schief aufsteigende krumme Linie, welche man die Schraubenlinie nennt, und die hier zum Theil scharf gezogen, zum Theil punctirt vorgestellt ist.*) Weil jedes dieser Dreyecke den Durchschnitt, und also die Hypothenuse die Länge, gleichwie die kleinere Kathede die Höhe einer schiefen Ebene vorstellt (§. 43.), so kann man die um den Zylinder gewundenen Hypothenusen, welche als Längen mehrerer schiefen Ebenen die ununterbrochene Schraubenlinien bilden, als die Länge einer einzigen um den Zylinder gewundene schiefe Ebene betrachten. Wird nun nach der Richtung der Schraubenlinie eine Furche von beliebiger Tiefe eingeschnitten, welche an der Oberfläche des Zylinders die kleinere Kathede dc = ce = eg .... durchaus genau zur Breite hat, in der Tiefe aber diese Breite entweder beybehält oder keilförmig zuläuft; so wird zwischen dieser Vertiefung eine derselben gleich hohe, um den Zylinder gewundene, entweder vier- oder dreyseitig-prismatische, gleichförmig fortlaufende Rippe entstehen, welche man Schraubengänge oder Gewinde nennt: und zwar heißt ein so zugerichteter Zylinder, eine Schraubenspindel mit flachen Gewinden, wie bey mrox, oder mit scharfen oder schneidenden Gewinden, wie bey mnop zu sehen sind **).

Die Abstände der Gewinde von einander heißen die Höhe der Gewinde. Wird die innere Oberfläche eines zylin-

*) Wenn man diese Dreyecke aus Papier so ausschneidet, daß sie an der Linie dg etwas zusammen hängen, und hierauf jene um den Zylinder herum bieget, so wird die Schraubenlinie sehr deutlich dargestellt.

**) Es versteht sich von selbst, daß diese Gewinde auch auf der Oberfläche des Zylinders ersichtlich gemacht werden können, wenn man um denselben drey oder vierseitig, prismatisch zugeschnittene Stäbchen von biegsamer Materie, z. B. von Bley, Papendeckel u. d. gl. gehörig herumwindet.

drisch ausgehöhlten Körpers nach derselben Schraubenlinie so eingeschnitten, daß die Hervorragungen der Schraubenspindel in die Vertiefungen dieses ausgehöhlten Körpers, und umgekehrt genau passen, und sich dadurch dieser Körper an der Spindel bewegen lasse, so wird derselbe die Schraubenmutter genennt (M und P Fig. 39); beyde Theile zusammen, die Schraubenspindel nähmlich, und die Schraubenmutter, machen die eigentliche Schraube aus. Schrauben, deren Mutter zum leichtern Drehen ein Paar Flügel haben, heißen Flügelschrauben. Fig. 39.

Die Schraube ist auf eine sehr mannigfaltige Weise nützlich, hauptsächlich zum Pressen, Drücken, Festhalten zur Bewegung von Lasten ꝛc. Der Schraubensatz der Zimmerleute zum Emporschrauben der Dächer, Wände und Stockwerke (wofür jedoch weiter unten eine vortheilhaftere Maschine angeführt werden wird), die vielen Arten von Pressen, z. B. die Buchdrucker-, Buchbinder-, Papier-, Wein-, Oehl-, Münzpressen, die Schrauben an Instrumenten, in Uhren, die Migrometerschraube, der Schraubstock u. dgl. zeigen den nützlichsten Gebrauch der Schraube im schönsten Lichte.

§. 104.

Bey allen Schrauben aber muß ein Theil, entweder die Spindel oder die Mutter, befestigt seyn, während der andere Theil beweglich ist, und welcher während eines einmahligen Herumdrehens einen dem Umfange des Zylinders gleichen Raum beschreibt, und zugleich durch einen dem Abstande der Schraubengänge gleichen Raume auf- oder abwärts, vor- oder rückwärts sich bewegt. Da der Widerstand der Last auf der ganzen Breite oder Tiefe der Schraubengänge vertheilt ist, so denkt man sich bey der Bestimmung des Verhältnisses der Kraft zur Last jenen Widerstand in derjenigen Schraubenlinie beysammen vereiniget, welche durch die Mitte der Breite oder Tiefen der Schraubengänge geht; sind aber die Schraubengänge nicht sehr

Fig. 38. breit, d. h., sind sie nicht sehr tief geschnitten, so nimmt man entweder die äußerste oder die innerste Linie des Einschnittes der Schraubengänge als diejenige Schraubenlinie an, in welcher man sich den Widerstand der Last vereinigt denkt. Man kann daher für die Ausübung hinreichend genau die Schraube als eine schiefe Fläche b d c ansehen, bey welcher die Kraft parallel zur Grundlinie d b wirkt; die Höhe der Schraubengänge gibt die Höhe, und der Umfang des Kreises, durch welchen die erstgedachte Schraubenlinie der vereinten Last geht, gibt die Grundlinie dieser schiefen Ebene.

§. 105.

Wenn bey der Schraube die Kraft unmittelbar am Umfange der Spindel nach der Richtung der Tangente wirkt, so ist die Kraft multiplizirt mit dem Umfange der Spindel gleich der Last multiplizirt mit der Höhe eines Schraubenganges.

Denn bey der Schraube wirkt die Kraft immer parallel zu der auf die Achse der Spindel gedachten senkrechten Durchschnittsfläche, d. i., parallel zu der Grundlinie d b der schiefen Fläche b d c; bey dieser Richtung der Kraft aber verhält sich vermög §. 98. die Kraft zur Last, wie die Höhe c d der schiefen Fläche zu ihrer Grundlinie d b; und weil bey jedem Schraubengange wegen der Construction der Schraube, d. i., wegen der vollkommen gleichen rechtwinkeligen Dreyecke oder einzelnen schiefen Flächen, welche zusammen als eine einzige um den Zylinder gewundene schiefe Fläche betrachtet werden können, dieses nähmliche Verhältniß Statt findet: so verhält sich bey der Schraube im Stande des Gleichgewichtes

$K : L = (d\,c,$ die Höhe eines Schraubenganges$) : (d\,b,$ Umfang der Spindel.;

endlich ist $K.db = L.dc$.

Hieraus folgt, daß, je kleiner der Abstand der Schraubengänge bey gleicher Dicke der Spindel ist, eine desto größere

Wirkung hervorgebracht werde, d. i., mit einer kleinern Kraft kann eine desto größere Last gehoben werden, nur wird die Bewegung der letztern desto langsamer vor sich gehen (§. 75.) Fig.

Um die Schraubengänge zu schonen, verfertigt man zuweilen Schrauben mit doppelten Gewinden; die Gänge dieser Schrauben tragen nur halb so viel Druck. Das Verhältniß der Kraft zur Last wird eben so wie oben bestimmt; nur muß man für die Höhe eines Schraubenganges die Entfernung zweyer zusammen gehörigen Schraubengänge nehmen.

§. 106.

Es ist klar, daß die Schraube auch in dem Falle nur als eine einfache Maschine betrachtet werden kann, wenn gleich dieselbe entweder oben quer über den Kopf mit einem Einschnitte e, oder durch denselben mit einem Loch, wie bey n versehen, oder der Kopf viereckig gemacht ist, um bequemer und mit mehr Nachdruck im ersten Falle den sogenannten Schraubenzieher, im zweyten eine Stange, und im dritten Falle den Schraubenschlüssel als Hebel anwenden zu können, wie auch, wenn diese aus demselben Grunde an die Schraubenmutter angebracht wären, oder die Mutter mit Flügel versehen ist; nur muß in jedem dieser Fälle die dadurch vermehrte Kraft in Rechnung kommen: und zwar ist bey einer solchen Maschine die Kraft multiplizirt mit dem Umfange des Kreises, der durch die Länge des Hebelsarmes (vom Mittelpunct der Schraubenspindel gerechnet) der Kraft beschrieben wird, gleich der Last multiplizirt mit der Höhe eines Schraubenganges, wenn die Kraft auf diesen Hebelsarm senkrecht und parallel zu einer Tangente des Umfanges der Spindel wirkt. 39.

Da bey der Schraube die Reibung sehr groß ist, so leidet das Verhältniß der Kraft zur Last eine merkliche Abänderung. Allein eben diese Reibung an der Schraube ist von sehr großem Nutzen; denn ist die Schraube einmahl bis zu einem gewissen Punct eingedreht, so muß sie selbst dann noch das Zurückweichen einer Last oder eines Widerstandes verhindern, wenn

Fig. auch die Kraft schon zu wirken aufgehört hat, und hierin besteht der Hauptvorzug der Schraube. Bloß das ungemein starke Reiben, welches zwischen den Flächen der Schraubengänge der Mutter und der Spindel Statt findet, ist es, welches jenes Zurückweichen verhindert. Bey Schrauben mit engern Gewinden zeigt es sich in einen viel höhern Grade als bey Schrauben mit weiten Gewinden.

Drittes Hauptstück.

Von den zusammengesetzten Maschinen und von der Reibung.

Erster Abschnitt.

Von den zusammengesetzten Maschinen überhaupt.

§. 107.

Zusammengesetzte Maschinen, wie sie bereits in §. 71. erklärt worden sind, können unzählige ausgedacht und verfertiget werden, vermittelst welchen man mit einer sehr geringen Kraft ungeheure Lasten bewegen, und von einem Orte zum andern überbringen kann. Hierzu wendet man vorzüglich die Hebel- und Räderwerke an, wobey jedoch vor Anlegung einer Maschine das im §. 75. Gesagte wohl in Erwägung gezogen werden muß. Fig.

§. 108.

Ein Räderwerk ist eine aus mehreren Zahn- und Triebrädern zusammengesetzte Maschine, welche so mit einander verbunden sind, daß die Zähne oder Triebstecken eines Rades, welches an der Welle eines andern Rades befestiget ist, und entweder kleiner oder größer als dieses seyn kann, in die Triebstecken oder Zähne eines an einer andern Welle befestigten entweder größern oder kleinern Rades als das erstere ist, eingreifen, so daß, wenn eines bewegt wird, alle übrigen in Bewegung kommen, und dadurch endlich die an der Achse des letzten Rades befestigte Last vermittelst eines

Fig. Strickes aufgewunden, oder überhaupt in Bewegung gesetzt wird.

Im Wesentlichen unterscheiden sich die Räder einer Maschine

A in Wasserräder { a oberschlächtig, b unterschlächtig { a Strauberräder, b Staberräder, c Pansterräder,

B in Zahnräder (und Getriebe) { a Stirn- oder Sternräder, b Kammräder,

C in Schwungräder und Riemenräder.

§. 109.

70. Die Wasserräder werden in Ansehung der Art, wie das Wasser auf dieselben fällt, in ober- und unterschlächtige eingetheilt. Oberschlächtig werden sie genennt, wenn das Wasser ganz von oben, wie bey Fig. 70., oder auch von der Seite ungefähr in gleicher Höhe des Mittelpunets des Wellbaumes in einer Rinne herabfällt, und so durch Stoß und Gewicht das Rad sammt der Maschine in Bewegung setzt. Räder der letztern Art nennt man halb oberschlächtige oder mittelschlächtige.

Unterschlächtige Wasserräder sind solche, bey welchen der Stoß oder der Aufschlag des Wassers an die untersten Schaufeln geschieht. Die Wasserräder werden auch nach ihrer Bauart noch unterschieden, und zwar: wenn das Wasserrad nur Einen Kranz oder Eine Felge hat, auf deren äußern Umfange die $1\frac{1}{2}$ bis 2 Schuh breiten Schaufeln in der Richtung der Halbmesser befestigt sind, so heißt es ein Strauberrad. Jedoch bleibt ihm diese Benennung auch, wenn das Rad aus zwey nebeneinander parallel laufenden Kränzen besteht, auf deren äußern Umfängen die Schaufeln wie vorhin befestiget sind. Hat ein Wasserrad zwey in einer gewissen Entfernung, etwa von 3 bis 4 Schuh parallele Kränze oder Felgen, zwischen welchen die Schaufeln in der Richtung der Halbmesser befestiget sind, so nennt man es ein Staberrad. Sind endlich zwey oder drey parallele Kränze noch weiter, etwa 8 bis 12 Schuh

entfernt, und ihre Schaufeln daran befeſtiget, ſo heißen ſie Fig.
Panſterräder, wie bey den Schiffmühlen.

Ferner gibt es auch noch Kropf-, Bottich- oder Kaſtenräder, wie AA Fig. 70. Schöpfräder, um Waſſer auf eine gewiſſe Höhe zu ſchöpfen, u. dgl.

Damit die auf das Waſſerrad wirkende Kraft durch die Maſchine bis an die Laſt fortgepflanzt werden kann, ſo iſt an derſelben Welle noch ein eingreifendes Zahnrad, oder nach Umſtänden ein Getrieb oder Drehling erforderlich.

§. 110.

Von den Zahnrädern, welche bey einer Maſchine im Trockenen ſich bewegen, iſt ein Stern- oder Stirnrad dasjenige, an welchem die Zähne nach der Richtung der Halbmeſſer auf der Peripherie hervorragen, wie BB in Fig. 41. 41. und 70. und 70.

Wenn die Zähne auf den Halbmeſſern ſenkrecht und auf der Fläche des Rades befeſtigt ſind, ſo heißt es ein Kammrad, wie DD in Fig. 70. Liegt die Fläche eines ſolchen Rades horizontal, ſo heißt daſſelbe wegen ſeiner Geſtalt ein Kronrad. Bey den kleinern Rädern der letztern Art werden die Zähne ſo eingeſchnitten, daß ſie ſchiefe Flächen vorſtellen.

Damit ein Rad auf ein anderes wirken, und ſelbes in Bewegung ſetzen könne, iſt an der nähmlichen Welle noch ein zweytes nöthig (das Wechſelrad ausgenommen), welches das Getrieb oder der Drehling genennt wird, wie in Fig. 70. E und C.

Ein Getrieb bekommt nie weniger als 4, meiſtens 5 bis 10 Triebſtäbe oder Triebſtecken. Ein Getrieb von mehr als 10 Triebſtäben heißt man einen Drehling. Wenn in der Welle ſelbſt Vertiefungen parallel mit der Achſe eingeſchnitten ſind, ſo heißt ein ſolches Getrieb insbeſondere ein Kumpf. Die vertikal ſtehenden Getriebe oder Drehlinge werden durch Kammräder, und die horizontal liegenden durch Kronräder oder auch durch Stirnräder in Bewegung geſetzt. Wenn zu einem Räder-

Fig. 70. werk mehr als zwey Wellbäume erfordert werden, um eine Last in Bewegung zu setzen, so heißt eine solche Maschine, besonders bey Mühlwerken, ein Werk mit mehrfachem Zeug, oder ein Werk mit Vorlagen. So z. B. ist Fig. 70. ein Werk mit Einer Vorlage.

§. 111.

Die Halbmesser der gezähnten Räder (sie mögen Stirn- oder Kammräder seyn), so wie jene der Getriebe (oder Drehlinge), werden bis zum Mittelpuncte der Zähne und der Triebstecken, d. i., bis zu demjenigen Puncte gerechnet, wo sie beym vollständigen Eingriffe gegen einander drücken. Damit sich das Räderwerk in der Bewegung nicht klemme oder sperre, müssen die Zwischenweiten der Zähne im Rade, so wie die im Getriebe etwas weniges größer seyn, als die Dicke der eingreifenden Triebstecken oder jene der Zähne beträgt. Weil die Triebstecken, wegen ihres öftern Eingreifens, früher abgenützt werden, als die Zähne oder die Kämme der Räder, so pflegt man die erstern etwas weniges dicker zu machen als die letztern, jedoch muß ein Triebstecken sammt einer Zwischenweite am eingreifenden Getriebe (oder Drehling) genau eben so groß seyn, als ein Zahn sammt einer Zwischenweite am ergriffenen Rade; dabey aber müssen die Zähne und Triebstecken so wie ihre Zwischenweite so proportionirt seyn, daß ein nachfolgender Zahn oder Triebstecken schon früher in Berührung komme, als der nächstvorhergehende ausgelöst wird, damit die Maschine eine gleichförmige, und nicht stoßende Bewegung erhalte.

Man setze den Halbmesser eines Rades $= A$, die Anzahl seiner Zähne $= N$, so erhält man die Größe eines Zahnes sammt Zwischenweite $= \frac{2A\pi}{N}$, nähmlich wenn man den Umfang des Kreises aus dem obigen Halbmesser durch die Anzahl der Zähne dividirt. Setzt man ferner den Halbmesser des eingreifenden Getriebes $= a$, und die Anzahl der Triebstecken $= n$; so ist die Dicke eines

Triebsteckens sammt Zwischenweite $= \frac{2a\pi}{n}$; und da vermög Fig. des Vorigen diese Entfernungen einander vollkommen gleich seyn müssen, so ist $\frac{2A\pi}{N} = \frac{2a\pi}{n}$; woraus $A : a = N : n$ folgt.

Sind von diesen Größen drey gegeben, so kann die vierte leicht bestimmt werden. Bey großen hölzernen Rädermaschinen, z. B. bey Mühlwerken kann man den Halbmesser der Getriebe und Räder beyläufig so viele Zolle geben, als sie Triebstecken oder Zähne haben müssen.

Bey großen Maschinen theilt man gewöhnlich denjenigen Theil des Umkreises durch die Mitte der eingreifenden Triebstecken, welcher für einen Triebstecken sammt Zwischenweite gehört, in 15 gleiche Theile, und gibt 8 solche Theile für den Triebstecken, und 7 für die Zwischenweite. Ferner wird die eben so große, für die Dicke eines Zahnes und einer Zwischenweite am Rade bestimmte Entfernung auch in 15 gleiche Theile getheilt, wovon 6½ auf die Dicke des Kammes oder Zahnes, und 8½ auf die Zwischenweite kommen. Herr Lindt theilt obigen Theil des Umkreises (wo derselbe, wie bey Mühlen u. dgl. 4½ Zoll beträgt), bey dem Rade sowohl, als bey dem Getriebe oder Drehling in 7 gleiche Theile, gibt 3 Theile für einen Zahn oder Triebstecken, und 4 Theile für den Zwischenraum. Hr. Lindt macht also die Triebstecken und Zähne oder Kämme gleich stark, und findet bey dieser Theilung, nach seiner Erfahrung, die Reibung an den Triebstecken und Zähnen so unbedeutend, daß bey dem Räderwerke nur an den Zapfen eine Reibung durch das Gewicht der Räder und Wellen zu rechnen sey.

§. 112.

Solche Maschinen, welche vermög ihrer Einrichtung einen ungleichförmigen Gang haben, wie z. B. Sägmühlen, oder andere mit Kurbeln bewegte Maschinen, sucht man durch ein Schwungrad C einen gleichförmigen Gang zu verschaffen. Ein Schwungrad ist ein mit Speichen und Felgen versehenes Rad, welches immer an derjenigen Welle der Maschine ange- 41. und 42.

Fig. 41. und 42. bracht ist, welche sich am schnellsten dreht; auch muß der Schwerpunct des Schwungrades genau in der Umdrehungsachse der Welle liegen, an welche dasselbe angebracht ist. Hierdurch wird der Einfluß, welchen kleine oder sehr schnell vorübergehende größere Veränderungen in dem Momente die Kraft und Last auf den gleichförmigen Gang der Maschine haben, unmerklich gemacht. Denn ist das Schwungrad einmahl in gleichförmiger Bewegung, so braucht die Kraft nur der Last und den unvermeidlichen Hindernissen der Bewegung das Gleichgewicht zu halten, während das Schwungrad vermög seines Beharrungsvermögens (§. 24.) sich mit der erlangten Geschwindigkeit fortbewegen wird, ohne hierzu eines merklichen neuen Antriebes von der Kraft zu bedürfen. Läßt nun die Kraft etwas nach, oder hört, wie es bey Kurbeln der Fall ist, auf kurze Augenblicke gänzlich zu wirken auf; so wird durch das Beharrungs-Moment des Schwungrades die Maschine bis zur Unmerklichkeit in gleichförmigen Gang erhalten. Sobald nun die Kraft wieder in eine vortheilhaftere Lage kommt, und nachdrücklicher wirken kann, so wird der unbedeutente Verlust an Geschwindigkeit bey der Maschine sowohl als am Schwungrade leicht ersetzt.

Als Schwungräder wirken auch die Schwungscheiben und Schwungkolben; erstere sind massive zirkelrunde Scheiben, bey letztern sind am Ende zweyer, oder mehrerer in der Welle gleichmäßig vertheilter Speichen, Klumpen von Bley oder Eisen angebracht. Da bey dem Schwungrade die Masse am Umfange gleichförmiger vertheilt ist, als bey dem Schwungkolben, und da dasselbe bey gleicher Größe geringer als die Schwungscheibe ist, so ist ersteres den letztern zwey Schwungmitteln um so mehr vorzuziehen, als bey der vollen Scheibe nicht nahe am äußersten Ende, wie bey dem Rade oder den Kolben, sondern ongefähr $\frac{2}{3}$ des Halbmessers von der Wellachse auswärts, oder $\frac{1}{3}$ von dem äußersten Ende einwärts liegt. (Dieses gilt auch für Mühlsteine, die ebenfalls als Schwungscheiben wirken.) Immerhin aber muß ein Vorrath an bewegender Kraft vorhanden seyn, wenn man an einer Maschine ein Schwungsrad mit Vortheil

anbringen will, weil dasselbe durch ihr Gewicht die Reibung an den Wellzapfen beträchtlich vermehrt. Aber ein Schwungrad an eine Maschine anbringen zu wollen, bey welcher große und schwere Räder mit beträchtlicher Geschwindigkeit umlaufen, die also selbst schon als Schwungräder wirken, würde nicht nur nutzlos, sondern sogar schädlich seyn. Eben so zwecklos wäre ein Schwungrad an einer Maschine, bey welcher der Umlauf desselben nur langsam wäre. Fig. 41. und 42.

Damit die Schwungräder und Schwungscheiben während ihrer schnellen Drehung die Luft leichter durchschneiden, ist es vortheilhaft, ihnen die Form zu geben, wie in Figur 42. unter C zu sehen ist, und übrigens selbe von so schwerer Materie als möglich zu machen. Ueber die gehörige Größe und Schwere der Schwungräder ist bis nun keine feste Regel bekannt. Sie werden daher am sichersten durch die Erfahrung bestimmt. Man macht nähmlich das Schwungrad von beträchtlicher Größe, als es ungefähr der Raum und der Bau der Maschine zulassen, und gibt demselben indessen nur eine mäßige Schwere; vermehrt diese aber nach Erforderniß am Umfange der Felgen, oder rückt das an den Speichen gleichmäßig vertheilte und befestigte Gewicht weiter einwärts, bis die angestellten Versuche zeigen, daß die Maschine den gewünschten gleichförmigen Gang erhalten hat, wornach man sodann die erforderliche Größe und das Gewicht des Schwungrades leicht bestimmen und festsetzen kann.

§. 113.

Bey einigen Maschinen, als Schleif- und Puliermühlen, Spinnmaschinen, u. dgl., leisten Schnur- oder Riemenräder (Fig. 47.) bessere Dienste als Zahnräder. Bey jenen Rädern, deren öfters mehrere durch eine über einen Wellbaum gehende Schnur (oder Riemen) in Bewegung gesetzt werden, geschieht die Wirkung durch Reibung am Umfange der Räder. Damit der Riemen über die Scheibe nicht fortrutsche, ohne sie zu bewegen, muß er hinreichend gespannt, und die Reibung am Umfange größer seyn, als der zu überwindende Widerstand ist. Wo demnach der Widerstand sehr groß ist, oder

Fig. wo die Bewegung nicht gleichförmig seyn kann, wie bey Hammerwerken, Stampfmühlen u. dgl. sind die Schnürräder nicht zu gebrauchen. Das Vermögen der Kraft ꝛc. wird bey diesen Rädern auf ähnliche Art wie bey Zahnrädern berechnet.

§. 114.

Wenn ein Paar Schraubengänge, anstatt in eine Schrau-
44. benmutter, in ein Sternrad eingreifen (Fig. 44.), daß bey jedesmahliger Umdrehung der Kurbel ein Zahn des Rades weiter geschoben wird, so heißt man eine solche Maschine, weil dieses Umdrehen gleichsam ohne Ende fortgesetzt werden könnte, eine Schraube ohne Ende. Hierbey muß die Höhe eines Schraubenganges der Zwischenweite zweyer neben einander stehenden Zähnen gleich seyn. Die Schraubenspindel bedarf hier nur 3 bis 4 Schraubengänge.

§. 115.

Eine Verbindung mehrerer Rollen in einem einzigen Kloben heißt man eine Flasche, und eine Verbindung zweyer Flaschen vermittelst eines Seiles, so daß das Seil wechselweise um eine Rolle der unbeweglichen (der festen) und um eine Rolle der beweglichen (der losen) Flasche geführt ist, oder umgekehrt,
45. heißt ein Flaschenzug (Fig. 45. und 46.). Wenn die Rollen
und in den Flaschen über einander gestellt sind, wie Fig. 45., so
46. müssen solche von ungleicher Größe seyn, damit die Seile einander ausweichen können. Man pflegt die Anordnungen so zu machen, daß die Seile mit einander parallel laufen, weil eine solche Richtung des Seiles bey der beweglichen Rolle die vortheilhafteste ist (§. 91.); dieses wird erhalten, wenn die Halbmesser der Rollen nach der Ordnung, in welcher das Seil um dieselben geführt ist, sich verhalten, wie die natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 3, u. s. w. *).

*) Eine kleine Abweichung der Seile von der parallelen Richtung kann in der Ausübung bey der Anordnung eines Flaschenzuges und Berechnung des Gleichgewichts an demselben außer Acht gelassen werden, und es ist daher nicht nothwendig, daß

Sehr vortheilhaft und am meisten im Gebrauche sind die Flaschenzüge, bey welchen die gleich großen Rollen in den Flaschen neben einander an einem gemeinschaftlichen Polzen sich befinden, wie Fig. 50. bey g, weil hier die Seile bey jeder beliebigen Größe der Rollen immer parallel sind. Fig. 45.

Damit die Flaschen während der Bewegung sich nicht auf eine Seite schief neigen, sondern die Bewegung bey der geraden Richtung derselben leichter vor sich gehe, so ist es bey den Flaschenzügen vortheilhafter, wenn die bewegende Kraft an beyden Enden des Seiles angebracht wird, wie dieß in Fig. 46. vorgestellt ist. Um jenen Zweck zu erreichen, wird meistens an dem Boden der unbeweglichen Flasche noch eine kleine Rolle (Nro. 1.) angebracht, deren Fläche mit den Flächen der übrigen Rollen (Nro. 3..3.) einen rechten Winkel bildet. Durch diese Rolle (1) wird das Seil bis zur Mitte durchgezogen, hierauf werden beyde Theile über die zwey nächsten Rollen 2..2. der andern Flaschen, ferner über die zwey Rollen 3..3. der ersten Flasche u. s. w., und endlich über die zwey äußersten Rollen 4..4. der beweglichen Flasche durchgeführt, wo nachher die bewegende Kraft K (welche hier als nächste die Welle des Rades ist), an beyden Enden des Seiles angebracht wird. Es ist klar, daß in diesem Falle eine jede Flasche eine gerade Anzahl Rollen, wie auch, daß diejenige Flasche, an welcher die Querrolle (1) angebracht ist, immer um zwey Rollen weniger haben müsse, als die andere Flasche. 46.

---

die Halbmesser der Rollen genau so zunehmen, wie die natürlichen Zahlen, weil sie sonst zu groß anmachsen; es ist schon genug, wenn die Rollen nur dergestalt zunehmen, daß die Seile einander ausweichen können.

Fig.

Zweyter Abschnitt.

Von der Bestimmung des Gleichgewichtes an den zusammengesetzten Maschinen.

§. 116.

Nachdem nun das Verhältniß zwischen Kraft und Last im Stande des Gleichgewichtes an den einfachen Maschinen bekannt ist, so ist es leicht auch das Verhältniß zwischen Kraft und Last an jeder zusammengesetzten Maschine, im Stande des Gleichgewichtes, zu finden. Wenn nähmlich bey einer gegebenen zusammengesetzten Maschine zu einer bekannten Kraft für den Zustand des Gleichgewichtes die Last zu suchen ist, so fängt man bey der einfachen Maschine an, woran die Kraft unmittelbar angebracht ist, und sucht nach den bekannten Gründen an dieser einfachen Maschine die zum Gleichgewichte erforderliche Last; diese gefundene Last ist die Kraft bey der zweyten einfachen Maschine, wozu man wieder die zum Gleichgewichte erforderliche Last sucht; diese Last ist wieder die Kraft an der dritten einfachen Maschine, wozu sich abermahl für den Stand des Gleichgewichtes die Last finden läßt, und auf diese Art kommt man endlich an diejenige einfache Maschine, an welcher die Last wirken muß. Auf ähnliche Art, nur in umgekehrter Ordnung, verfährt man, wenn an einer zusammengesetzten Maschine aus der gegebenen Last die für das Gleichgewicht erforderliche Kraft zu suchen wäre.

Bey der zusammengesetzten Maschine steht daher im Stande des Gleichgewichtes die Kraft zur Last in einem zusammengesetzten Verhältnisse aus den einfachen Verhältnissen, welche die Kraft zur Last in allen einfachen Maschinen hat.

Es sey z. B. die Last = L zu bestimmen, welche durch eine gegebene Kraft = K = 30 Pfund vermittelst eines dreyfachen doppelarmigen Hebels (Fig. 40.) im Gleichgewicht erhalten werden soll; wenn die einzelnen Hebel in einander wirken, und das Verhältniß der Hebelsarme im ersten Hebel, an wel-

40.

chem die Kraft wirkt 1 : 2, im nächstfolgenden 1 : 3, und in dem dritten, wo die Last wirkt, das Verhältniß der Hebelsarme 3 : 10 ist; so kann dieses auf folgende Art geschehen. Fig.

Bey dem ersten Hebel verhält sich $K : L' = R D : R K.$

Die Last L′, welche in dem Punct D angehängt mit K im Gleichgewichte stehen würde, wirkt an dem 2ten Hebel D E in eben diesem Punete D durch ihren Druck aufwärts als Kraft, daher verhält sich $L' : L'' = R'E : R'D.$

Nun wirkt die Last L″, welche in dem Punct E angehängt mit der in D angehängten Kraft L′ im Gleichgewichte ist, in dem folgenden dritten Hebel E L an eben diesem Punct E durch ihren Druck abwärts wieder als Kraft, daher verhält sich . . . $L'' : L = R'' L : R'' E;$

folglich auch $K : L = R D . R'E . R''L : R K . R'D . R''E;$

(vermög §. 210. IV.)

oder $30 : L = 1 . 1 . 3 : 2 . 3 . 10$

endlich ist L = 600 Pfund die Last, welche vermittelst dieser zusammengesetzten Maschine durch die gegebene Kraft von 30 Pfund im Gleichgewichte erhalten wird *).

An einem zusammengesetzten Hebel verhält sich demnach im Stande des Gleichgewichtes die Kraft zur Last, wie das Product der Hebelsarme, welche von ihren Ruhepuncten auf der Seite der Last liegen, zum Producte der Hebelsarme auf der Seite der Kraft.

§. 117.

Denkt man sich die zweyarmigen Hebel (Fig. 40.) jeden insbesondere um seinen Ruhepunct R so herum bewegt, daß jeder derselben wieder in seine vorige Lage zurück kommt, so beschreibt jeder Hebelsarm eines jeden einzelnen Hebels einen 40.

*) Hier ist das Gewicht der Hebel außer Acht gelassen; erforderlichen Falles kann dasselbe nach §. 82., so wie die Reibung nach §. 124. bestimmt, und in die Rechnung gezogen werden.

Fig. 40. und 43. Kreis, und man hat dann ein Räderwerk (Fig. 43.), in welchem die Kurbel fK = A den Halbmesser des von derselben, oder von dem Hebelsarm KR beschriebenen Kreises, und a den Halbmesser des ersten Getriebes, oder den Hebelsarm RD; B den Halbmesser des zweyten Rades oder den Hebelsarm DR′, und b den Halbmesser des zweyten Getriebes oder den Hebelsarm R′E; endlich C den Halbmesser des dritten Rades, oder den Hebelsarm ER″, und c den Halbmesser der Welle, woran die Last befestiget ist, oder den Halbmesser R″L bezeichnet und vorstellt.

Man kann demnach in einem Räderwerke jedes einzelne Rad als ein Rad an der Welle ansehen, welches wie ein Hebel wirkt (§. 95.); ferner jedes Getrieb, so wie auch die Welle, woran die Last unmittelbar angebracht ist, als ein eingreifendes Rad, und die Kurbel, oder jedes Rad, woran die Kraft unmittelbar wirkt, so wie jedes Rad, welches von einem Getriebe ergriffen wird, als ein ergriffenes Rad betrachten; daher verhält sich:

$$\left.\begin{array}{l} K : L' = a : A \\ L' : L'' = b : B \\ L'' : L = c : C \end{array}\right\} \text{ vermög §. 116. und 95.}$$

folglich K : L = a.b.c : A.B.C; d.h., bey einem Räderwerk verhält sich die Kraft zur Last, wie das Product der Halbmesser aller eingreifenden Räder zum Product der Halbmesser aller ergriffenen Räder. Oder weil auch K.A.B.C = L.a.b.c ist; so ist die Kraft multiplizirt mit den Halbmessern aller ergriffenen Räder gleich der Last multiplizirt mit den Halbmessern aller eingreifenden Räder. Es sey die Kurbel

fK = A = 9, der Halbm. des Getriebes a = 2
der Halbm. B = 7, der Halbm. " " b = 3
" " C = 8, " " der Welle c = 2 Theile

auf irgend einem beliebigen Maßstabe, und die wirkende Kraft K = 30 Pfund; so findet man die mit ihr im Gleichgewicht stehende Last $L = \frac{30.9.7.8}{2.3.2} = 1260$ Pfund.

§. 118.

Fig. 43.

Da vermög §. 111. die Halbmesser der Getriebe und der Räder mit ihrer Anzahl der Triebstecken und Zähne im geraden Verhältnisse stehen, so kann man erforderlichen Falles das Verhältniß der Triebstecken und der Zähne der Räder anstatt des Verhältnisses ihrer Halbmesser setzen. Es sey wie vorhin der Halbmesser des Kreises, welchen die Kurbel beschreibt $= A = 9$

der Halbm. des Getriebes . . . . $a = 2$

die Anzahl Zähne des Rades . . . $B = 21$

die Anzahl der Triebstecken . . . . $b = 9$ *)

der Halbm. des Rades . . . . . $C = 8$

der Halbmesser der Welle . . . . $c = 2$

so verhält sich wie vorhin $K : L = abc : ABC$,

oder $30 : L = 2.9.2 : 9.21.8$

woraus ebenfalls $L = \frac{30.9.21.8}{2.9.2} = 1260$ Pf. folgt.

§. 119.

Denkt man sich das punctirte Rad Cc in Fig. 43. hinweg, so hat man die sogenannte Wagenwinde, welche bey Fuhrwerken überhaupt vielfältig, beym Auf- und Abladen großer Baumstämme aber, in Ermanglung einer ordentlichen Heblade (§. 83.) insbesondere angewendet wird.

Die gezähnte Stange mn darf hier nicht als eine Kraft vermehrende Maschine angesehen werden, weil die Zähne an derselben bloß dazu dienen, daß die auf der Stange aufliegende Last mit dem eingreifenden Getriebe b verbunden, und dadurch gehoben werden könne, und also gleichsam nur die Stelle des Strickes in dem vorigen Falle (§. 117.) vertritt.

*) In der Ausübung ist es wegen der längern Dauer der Triebstecken und Zähne, wie auch zur Verminderung der Reibung vortheilhafter, wenn dieselben so angeordnet werden, daß die Zahl der Triebstäbe in der Zahl der Zähne der Räder nicht ganz genau enthalten ist; jedoch muß die Proportion in §. 111. jedes Mahl Statt finden.

Fig. 43. Für eine gegebene Kraft = 30 Pfund (§. 73.) kann die Last, welche mit ihr im Gleichgewicht steht, leicht bestimmt werden, wenn die Verhältnisse des innern Radwerkes bekannt sind. Es sey wieder der Kurbelbug fK = 9, der Halbmesser des Getriebes a = $1\frac{1}{2}$, die Zähne des Rades B = 24, jene des Getriebes b = 4,

so verhält sich K : L = $1\frac{1}{2}$.4 : 9.24

oder 30 : L = 1 : 36

woraus L = 30.36 = 1080 Pfund folgt.

§. 120.

94. An der Schraube ohne Ende verhält sich im Stande des Gleichgewichts die Kraft zur Last, wie das Product aus dem Halbmesser der Welle, woran die Last angebracht ist, in den Abstand der Schraubengänge, zum Producte aus dem Halbmesser des Stirnrades in den Umkreise, welchen die Kurbel beschreibt.

Denn an der Schraube allein, welche eine Kurbel hat, verhält sich die Kraft zur Last, wie der Abstand der Schraubengänge = a zu dem von der Kurbel beschriebenen Umkreise = U (§. 106.). Und an dem Zahnrade, welches wie ein Wellrad wirkt, verhält sich die Kraft zur Last, wie der Halbmesser der Achse nR = h zum Halbmesser des Rades R m = H (§ 95.); daher verhält sich aus dem ersten K : L′ = a : U

und aus dem zweyten L′ : L = h : H

folglich . . . K : L = ah : UH,

hieraus folgt K . U . H = L . a . h; d. h., bey der Schraube ohne Ende ist, im Stande des Gleichgewichts, das Product aus der Kraft in den Halbmesser des Rades und in den Umkreis, welchen die Kurbel beschreibt, gleich dem Producte der Last in die Höhe eines Schraubenganges und in den Halbmesser der Welle,

woran die Last angebracht ist. Es sey das Verhältniß des Umkreises, welchen die Kurbel beschreibt, zum Abstande der Schraubengänge wie 60 : 1, und das Verhältniß des Halbmessers des Rades zum Halbmesser der Achse oder der Welle wie 7 : 2, so wird sich verhalten Fig. 44.

$$K : L = 1.2 : 60.7$$

oder $K : L = 1 : 210.$

Also steht bey einer solchen Schraube ohne Ende sammt ihrem Zahnrade Ein Pfund mit 210 Pfunden im Gleichgewichte.

Weil bey jeder Umdrehung der Spindel nur Ein Zahn des Rades fortgeschoben wird, so muß bey Einer Umdrehung eines Rades von 500 Zähnen die Kurbel 500 Umläufe machen; also können mit 1 Pfund Kraft 500 Pfunde im Gleichgewichte erhalten werden (§. 74. und 75.).

§. 121.

Bey einem Flaschenzuge ist Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zur Last verhält, wie Eins zur Anzahl der Stricke, an welchen die Last hängt. Oder welches einerley ist, im Stande des Gleichgewichts ist das Product der Kraft mit der Anzahl der Stricke, woran die Last hängt, gleich der Last selbst.

Denn vermög §. 63. verhält sich Kraft zur Last, wie umgekehrt der in einerley Zeit durchlaufene Raum der Last zum Raume der Kraft. Da nun bey einem Flaschenzuge die bey K angebrachte Kraft allein so viel Raum beschreibt, als alle übrigen Stricke zusammen; so folgt, daß sich verhalten wird $K : L = 1$ zur Anzahl der übrigen Stricke, an welchen die Last hängt. Oder weil die bewegliche Rolle die Kraft verdoppelt, die feste aber zur Vermehrung derselben nichts beyträgt (§. 90. und 91.); so ist die Kraft so oft doppelt zu nehmen, als bewegliche Rollen sind, nähmlich bey zwey beweglichen Rollen ist die Kraft 4 Mahl, bey dreyen 6 Mahl, bey vier beweglichen Rollen 8 Mahl zu nehmen u. s. w. Da aber jede bewegliche Rolle von ei- 45.

Fig. nem doppelten Strick getragen wird, so muß anstatt der doppelten Anzahl der beweglichen Rolle, die einfache Anzahl der Stricke, an welchen die Last hänget, genommen werden.

Von dem Satze: daß im Stande des Gleichgewichtes Kraft zur Last sich verhält, wie umgekehrt ihre in einerley Zeit zurückgelegten Wege (§. 63.), kann man bey Schätzung des Verhältnisses der Kraft zur Last nicht immer Gebrauch machen. So z. B. dürfte man bey der Zugrolle, wenn die Seile nicht parallel sind (§. 91. 2.); bey dem Rade-an Welle, wenn die Kraft auf dem Halbmesser schief wirkt; bey dem Laufrade (§. 95.), der Tretscheibe und in andern ähnlichen Fällen das Verhältniß der Kraft zur Last im Stande des Gleichgewichts, aus dem umgekehrten Verhältniß ihrer in einerley Zeit zurückgelegten Wege, wenn die Maschine in Bewegung gesetzt würde, nicht bestimmen.

Dritter Abschnitt.

Von den Hindernissen der Bewegung, vorzüglich von der Reibung, und den Mitteln, dieselbe zu vermindern.

I. Von der Reibung überhaupt.

§. 122.

Nachdem sowohl die Theile der Maschine, als auch die Kraft und Last das Gleichgewicht mit einander halten, so müßte auf die mindeste Vermehrung der Kraft sogleich die wirkliche Bewegung erfolgen, wenn nicht noch andere Hindernisse vorhanden wären. Das größte dieser Hindernisse ist die Reibung oder der Widerstand, welcher aus der Rauhigkeit der Oberfläche entsteht, auf welcher ein Körper sich bewegt, und an den Maschinen immer desto größer ist, je mehr sie zusammen gesetzt sind.

Da vermög §. 9. jede horizontale Fläche die ganze Last eines auf ihr ruhenden Körpers trägt, so hat man bey der Be-

wegung entweder durch Ziehen oder Schieben dieses Körpers auf jener Fläche nur denjenigen Widerstand zu überwinden, welcher durch die Unebenheiten der aufeinander liegenden Flächen entsteht. Da sich nun die Erhöhungen des einen Körpers in die Vertiefungen des andern einsenken, so müssen bey der wirklichen Bewegung des einen Körpers die Erhöhungen aus den Vertiefungen des andern herausgehoben, oder umgebogen, oder gänzlich abgebrochen werden. Und hieraus entsteht eben für die bewegende Kraft jener Widerstand, welcher die Reibung oder Friktion genennt wird. Fände keine Reibung Statt, so müßte jeder Körper auf einer schiefen Ebene, auch bey der geringsten Neigung, herabgleiten. Auf einer horizontalen Ebenen müßte die geringste Kraft ihn in Bewegung zu erhalten im Stande seyn, wenn der Beharrungszustand einmahl überwunden wäre (§. 24.). Wäre bey der Rolle an ihrer Achse keine Reibung, so müßte das allermindeste Uebergewicht auf einer Seite, die an der andern Seite wirkende Last in Bewegung setzen, u. s. w. Fig.

Es gibt keinen Körper, welcher auf oder an einem andern ohne Reibung bewegt werden könnte. Diese ist jedoch desto schwächer: 1) je weniger rauh die sich reibenden Körper sind, d. i., je weniger sich Erhöhungen in Vertiefungen eindrücken können; 2.) je geringer der zu bewegende Körper ist; 3.) je weniger senkrecht die Körper sich reiben, und 4.) endlich ist die Reibung aus der Ruhe in die Bewegung größer, als die Reibung während der Bewegung. Zwar können die Erhöhungen durchs Abschleifen so hinweggeschnitten, durchs Poliren so niedergedrückt, und die Vertiefungen durch Schmiermitteln so ausgefüllt werden, daß dadurch die Reibung wohl sehr vermindert, aber nie gänzlich beseitigt werden kann. Bey schneller Bewegung werden manche Erhöhungen von selbst abgestoßen, gebogen oder übersprungen.

Obschon die Reibung in der Mechanik einer Seits nachtheilig ist, und deßwegen durch verschiedene Mittel, welche weiter unten angegeben werden, zu vermindern gesucht wird, so gewährt

Fig. sie doch auf der andern Seite einen großen Nutzen. Denn nur die Reibung ist Ursache, daß die Rollen bey den Flaschenzügen, die Seilräder, Spinnräder, Drehspindeln ꝛc. in Bewegung kommen, und eine Wirkung hervorbringen (§. 113.). Das Feilen, Schleifen, Poliren u. d. gl. geschieht einzig durch die Reibung; diese wird oft sehr vortheilhaft benutzt, eine zu große Geschwindigkeit zu hemmen, z. B. durch ein gesperrtes Wagenrad, noch mehr aber durch das sogenannte Bremsrad. Durch ein paarmahliges Umwinden eines Seiles und einer einfachen Schlinge um einen Pfahl wird ein Schiff auf Strömen vermittelst der Reibung festgehalten. Auf gleiche Art benützt man zuweilen die Reibung, um schöne und kostbare Baustämme unbeschädigt über steile Bergwände zu bringen, indem man sie an einem Seile, welches Ein oder zwey Mahl um einen Stock oder stehenden Baum gewunden wird, sachte herab läßt. Die Schrauben, deren Gebrauch genaue und feste Stellungen erfordern, würden ohne Reibung wenig nützen. Laufräder, Treträder u. dgl. würde es ohne Reibung eben so wenig geben können, als wir ohne derselben im Stande wären, zu gehen, etwas mit der Hand fest zu halten, zu drehen, u. s. w. Und gäbe es wohl ohne Reibung eine Mechanik?

II. Von der Größe der Reibung.

§. 123.

Diese kann für die Ausübung hinreichend genau auf folgende Art untersucht und bestimmt werden. Man lege auf die
53. Oberfläche eines Körpers, welche mittelmäßig geglättet und horizontal gerichtet ist, einen eben so geglätteten andern Körper von derselben oder einer andern Art, lasse in der Höhe des Schwerpunctes m in horizontaler Richtung mit der Grundfläche eine Schnur a über eine Rolle b gehen, und befestige am Ende der Schnur eine Wagschale d. In diese lege man nach und nach Gewichte, bis dadurch der aufgelegte Körper m sich zu bewegen anfängt; so liegt diejenige Kraft, welche mit der Reibung das Gleichgewicht hält (§. 74.), zwischen dem letzten Gewichte, bey welchem der Körper sich zu bewegen anfing, und dem vorletzten, durch welches er noch nicht bewegt wer-

den konnte, als den Gränzen der zur Ueberwindung der Reibung erforderlichen Kraft in der Mitte. Hat man die zugelegten Gewichte immer nur um etwas Weniges vermehrt, so kann man jene Gränzen so nahe zusammen bringen, daß man Eine aus beyden, oder aus ihnen das Mittel ohne merklichen Fehler für das Reiben annehmen kann. Fig. 53.

Gesetzt es hatte die Wagschale sammt den eingelegten Gewichten $47\frac{7}{8}$ Loth betragen, als der Körper noch nicht in Bewegung kam, bey Hinzulegung eines $\frac{1}{8}$ Lothes aber fing er an sich zu bewegen, so kann man $47\frac{7}{8}$ Loth, oder 48 Loth oder genauer $(47\frac{7}{8} + 48) : 2 = 47\frac{15}{16}$ Loth; also für die Ausübung genau genug 48 Loth als die Reibung setzen.

Auf diese Art haben Amontons, Muschenbrök und andere Naturforscher die Größe der Reibung bestimmt und gefunden, daß bey obiger mittleren Glätung der Auf- oder aneinander reibenden Körper (und zwar bey horizontaler Bewegung derselben), selten über $\frac{1}{3}$ des Druckes beträgt. Auch bey der schiefen Fläche hat man gefunden, daß bey einer Neigung derselben nahe bey 19° gegen den Horizont, also wo die Höhe der schiefen Fläche sehr nahe $\frac{1}{3}$ ihrer Länge gleich ist, ebenfalls bey mittlerer Glätung der Körper, diese über die schiefe Fläche herabzugleiten anfangen.

Vermög §. 44. 1.) beträgt diese Kraft, welche der Reibung bis nahe zu jener Neigung der Fläche das Gleichgewicht hält, ebenfalls sehr nahe $\frac{1}{3}$ des Gewichtees des aufgelegten Körpers; daher hat man in der Praktik für die Reibung bey horizontaler und schiefer Bewegung der Körper, bey obiger Neigung der schiefen Fläche, $\frac{1}{3}$ des Gewichtes des bewegten Körpers angenommen. Beträgt demnach ein auf einer horizontalen Fläche zu bewegender Körper 400 Pfund, so sind $\frac{400}{3} = 133\frac{1}{3}$ Pf. für das Gleichgewicht der Reibung zu rechnen, und sonach sind einige Pfunde darüber hinreichend, den Körper wirklich fort zu bewegen. Ingleichen, wenn auf einer schiefen Ebene, bey obiger Neigung, ein Körper vom obigen Gewichte aufwärts bewegt

Fig. werden soll, so zerfällt die bewegende Kraft in drey Theile (§. 74.). Der erste Theil für das Gleichgewicht der Kraft und Last (ohne Reibung) wird nach §. 97. bestimmt, und ist $= 133\frac{1}{3}$ Pf., der zweyte für das Gleichgewicht der Reibung ist nach §. 44. 1) ebenfalls $= 133\frac{1}{3}$ Pf., und nun sind für den dritten Theil der bewegenden Kraft einige Pfunde hinreichend, den Körper wirklich aufwärts zu bewegen; also würde eine Kraft von $133\frac{1}{3} + 133\frac{1}{3} + 3\frac{1}{3} = 270$ Pf. einen Körper von 400 Pfund auf der schiefen Fläche unter obiger Neigung und bey der parallelen Richtung der Kraft zur schiefen Fläche aufwärts wirklich bewegen können. Es ist für sich klar, daß für eine andere Neigung der Fläche auch diese Bestimmung vermög §. 44. 1) sich ändert.

Wenn man die weiter unten angegebenen Mittel anwendet, so kann man die Reibung so gering machen, daß sie nur $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{10}$ des Druckes der an einander reibenden Körper, ja oft noch viel weniger beträgt.

§. 124.

Die Größe der Reibung an denjenigen Maschinen, welche mit Zapfen in Pfannen liegend sich bewegen, kann auf folgende Art geschätzt werden. Es sey eine gewöhnliche Schalwage
26. (Fig. 26.) mit gleichen Gewichten $W = G$ beschwert, es sey ferner das Gewicht des Wagebalkens und der Wageschalen $= g$, so wird der in der Aushöhlung der Schere (in der Pfanne) spielende Zapfen mit einer Last auf sein Lager drücken, welche $= 2G + g$ ist. Beträgt nun die Reibung $\frac{1}{3}$ der Last, so kann ihre Größe, wie sie in den Zapfenlagern Statt findet, durch $\frac{1}{3}(2G + g)$ ausgedrückt werden. Legt man in die eine Wagschale noch etwas Gewicht hinzu, bis die Wage auf eben dieser Seite sinkt, so hat das noch hinzugelegte Gewicht die Reibung überwunden (§. 74.). Dieses hinzugelegte Gewicht, welches wir $= r$ nennen wollen, trägt aber auch zur Vermehrung des Druckes etwas bey; folglich ist nun der ganze Druck auf die Zapfenlager $= 2G + g + r$, und die dadurch bewirkte Rei-

bung $= \frac{1}{3}$ (2 G + g + r). Man sehe einstweilen den Zapfen als einen Zylinder (Lit. N.) von dem Halbmesser a d = h an, und setze die Länge des halben Wagebalkens oder Hebelsarm A R = R B = H. Soll die Wage auf der einen Seite sinken, so muß sich der Zapfen in seinen Lagern um seine Achse drehen, folglich die Reibung, welche seine Fläche da leidet, überwunden werden. Diese Reibung $\frac{1}{3}$ (2 G + g + r) kann man als eine Last ansehen, die in der Entfernung a d = h, die Kraft r aber in der Entfernung A R = R B = H wirkt. Setzt man die Momente von beyden einander gleich, so erhält man Fig. 26.

$$\frac{1}{3}(2G + g + r).h = r.H$$

$$(2G + g + r).h = 3rH$$

$$(2G + g)h + rh = 3rH$$

$$3rH - rh = (2G + g).h$$

$$r(3H - h) = (2G + g).h$$

$$\text{endlich ist } r = \frac{(2G + g).h}{3H - h}$$

Wenn H unverändert bleibt, h hingegen abnimmt oder kleiner wird, so wird der Nenner dieses Bruches größer, der Zähler aber kleiner; folglich wird auch der Werth des Bruches, und mit ihm auch r kleiner: das heißt, es wird die Reibung r im Vergleich mit der Last 2 G + g desto kleiner, je kleiner der Halbmesser h im Vergleich des Halbmessers H wird. Daher wird eine Wage desto empfindlicher, je kleiner der Halbmesser n c des in der Pfanne sich reibenden Bogens wird, bey unveränderter Länge des Wagebalkens. Um diese Empfindlichkeit in einem noch höheren Grade zu erhalten, gibt man den Zapfen an den Wagen keine runde, sondern eine keilförmige Gestalt, so, daß der Wagebalken nur gleichsam mit einer Schneide in dem Pfannen aufliegt, hierdurch wird das Moment der Reibung äußerst gering gemacht.

Man setze z. B. an einer Wage die Dicke dieser Schneide, oder den Halbmesser h = 1, die Länge des halben Wagebalkens H = 100, das Gewicht des Balkens sammt Schalen g = 30 Pf., und es befinden sich in jeder Wagschale 150 Pf.,

Fig. 26. so ist $r = \frac{(2 . 150 + 30) . 1}{3 . 100 - 1} = \frac{330}{299} = 1{,}08$ Pf. = 1 Pf. $2\frac{1}{2}$ Loth, welche die Reibung überwinden, d. i., die Wage auf derselben Seite, wo sie in die Wagschale gelegt werden, zum Sinken bringen, und welches Uebergewicht man eigentlich den Ausschlag nennt.

Es ist klar, daß diese Berechnung auch bey den Hebeln, so wie bey allen Rädern, Rollen u. dgl., die eine Kreisbewegung haben, angewendet werden kann, wenn der Halbmesser des Wellzapfens = h, der Halbmesser des Rades = H, und das Gewicht des Rades sammt der Welle = 2 G + g bekannt sind. Bey den ungleicharmigen Hebel genügt es für unsern Zweck, die Reibung zu bestimmen, indem man für 2 G + g die an beyden Hebelsarmen angebrachten Kräfte (Gewichte) und das Gewicht des Hebels selbst setzt; für H aber die halbe Länge des Hebels nimmt. Ueberhaupt sieht man aus den obigen Betrachtungen, daß die Näherbringung des Widerstandes (der Reibung) an die Bewegungsachse ein vorzügliches Mittel ist, die Reibung zu vermindern. Jedoch hat auch dieses wieder seine Gränzen. Denn würde man den Halbmesser des Rades sehr groß, und dabey den Halbmesser des Wellzapfens so klein als möglich machen, so könnte, weil hier die Anwendung des Hebels Statt findet, die Reibung des Wellzapfens in seinen Lagerpfannen zwar beynahe auf nichts gebracht werden; aber durch die geschwindere Abnützung eines so schwachen Zapfens würde die Reibung nachher ungleichförmig und schädlicher seyn, als bey der anfänglichen gehörigen Stärke des Zapfens.

§. 125.

Der Widerstand, welcher von der Steife, Straffheit der Seile herrührt, muß ebenfalls sehr oft zur Schätzung des zweyten Theiles der bewegenden Kraft (§. 74.) genommen werden, und ist um so größer, je mehr das Seil bey seiner Verfertigung zusammengedreht, und je dicker es geworden ist, je stärker es von der daran hängenden Last gespannt wird, und je kleiner der Durchmesser des Zylinders oder der Scheibe ist, um welchen es gebogen wird. Und die dazu erforderliche Kraft ist es eigentlich, welche man unter der Stei-

fe oder Unbiegſamkeit der Seile (auch der Ketten) ver- Fig.
ſteht.

Für die Schätzung dieſer Kraft hat man aus Erfahrung für gleich ſtark gedrehte und trockene Seile folgende Regel abgeleitet: Man multiplizire die in Zollen ausgedrückte halbe Seilsdicke mit der Anzahl Pfunde der angehängten Laſt, und dividire dieſes Product durch den ebenfalls in Zollen ausgedrückten Durchmeſſer des Zylinders, um welchen das Seil gewunden wird; ſo erhält man die Kraft, welche zur Ueberwindung der Steife des Seils verwendet werden muß.

Es ſey der Halbmeſſer des Seiles $= h = 1''$, der Durchmeſſer des Zylinders $= D = 9''$, die angehängte Laſt $= L = 360$ Pf.; ſo iſt die zur Biegung des Seils erforderliche Kraft $r = \frac{h.L}{D} = \frac{1.360}{9} = 40$ Pf., welche erfordert wird, den Widerſtand wegen der Steife des Seiles zu überwinden. Dieſe Regel kann auch für Rollen, Winden ꝛc. in der Ausübung mit hinreichender Genauigkeit angewendet werden, und es muß die dadurch erhaltene Kraft zu derjenigen addirt werden, welche bey einem Wellrade, z. B. vermög §. 95. und 123 gefunden wird, um die Kraft zu erhalten, welche der Laſt, der Reibung und der Steife des Seiles das Gleichgewicht hält.

§. 126.

Bey den Flaſchenzügen bekommt man die erforderliche Kraft, welche der angehängten Laſt, und der Reibung an den Polzen ſowohl, als der Biegung des Seiles das Gleichgewicht hält, wenn man 1tens, zu dem dreyfachen Durchmeſſer einer Rolle, den Durchmeſſer eines Polzens addirt, ſodann dieſen Durchmeſſer von dem dreyfachen vorigen auch abzieht, und jene Summe durch dieſe Differenz dividirt; 2tens, die halbe Dicke des Seiles durch den Durchmeſ-

Fig. fer einer Rolle dividirt, und dieſen Quotienten zu dem vorigen addirt; 3tens, dieſe Summe ſo oft mit ſich ſelbſt multiplizirt, als Rollen vorkommen; 4tens endlich, dieſes Product mit dem Quotienten multiplizirt, den man erhält, wenn man die angehängte Laſt durch die Anzahl Stricke dividirt, welche von ihr geſpannt werden.

Hierbey iſt vorausgeſetzt, daß die Rollen ſowohl als auch die Polzen von gleichen Durchmeſſern ſind. Bey verſchiedener Größe derſelben iſt es für die Ausübung hinreichend, aus denſelben das Mittel zu nehmen. Für den Durchmeſſer einer Rolle wird der doppelte Halbmeſſer vom Mittelpunct bis zur Mitte des ungebogenen Seiles genommen.

Es ſey der mittlere Durchmeſſer einer Rolle $= D = 6''$; der mittlere Durchmeſſer eines Polzens $= d = \frac{1}{4}''$; der Halbmeſſer des Seiles $= h = \frac{1}{8}''$; die Anzahl Rollen $= m = 4$, die angehängte Laſt $= L = 240$ Pfund, und die Anzahl der
45. von ihr geſpannten Stricke $n = 4$ (Fig. 45.); ſo iſt die geſuchte Kraft

$$K = \left(\frac{3D+d}{3D-d} + \frac{h}{D}\right)^m \cdot \frac{L}{n} =$$

$$\left(\frac{3.6.+\frac{1}{4}}{3.6-\frac{1}{4}} + \frac{1}{2.6}\right)^4 \cdot \frac{240}{4} = 101{,}33 \text{ Pf.},$$

welche der angehängten Laſt, der Reibung an den Polzen und der Steife des Seiles das Gleichgewicht hält.

Wenn man bey dem Flaſchenzuge die Kraft ohne Reibung und Steife des Seiles berechnet, ſo wird der Unterſchied, der zum Gleichgewichte nöthigen Kraft immer größer, je mehr in demſelben Rollen vorhanden ſind, und man darf dieſe ohne Nachtheil nicht über 7 ſetzen.

Aus ähnlichen Betrachtungen erhellet zugleich, warum es ſo ſehr rathſam iſt, die Maſchinen jedes Mahl ſo einfach zu machen, als es nur immer die Umſtände erlauben.

§. 127. Fig.

Bey der Schraube kann man zur Schätzung der Kraft = r, welche der Reibung das Gleichgewicht hält, folgende Regel anwenden:

Man drücke die Höhe eines Schraubenganges, so wie auch den Durchmesser der Schraubenspindel in Zollen aus, addire sie, dividire diese Summe durch den ebenfalls in Zollen ausgedrückten Umfang der Spindel, und multiplizire den Quotienten mit der zu überwindenden Last. Es sey die Höhe eines Schraubenganges = h = 1″, der Durchmesser der Spindel = d = 3″, daher deren Umfang = u = 3.3,14 = 9,42″, und die zu überwindende Last L = 260 Pf.; so ist $r = \left(\frac{h + d}{u}\right).L = \frac{1+3}{9,42}.260 =$ 109 Pf. Diese Kraft, oder die Reibung muß zu der nach §. 105. bestimmten Kraft hinzu addirt werden, um diejenige Kraft zu erhalten, welche der Last und der Reibung das Gleichgewicht hält.

Wenn eine vertikal stehende Schraube, ohne von einer fremden Kraft gehalten, von selbst umlaufen soll, wie bey Münzpressen, u. dgl., so muß die Höhe eines Schraubenganges größer seyn, als der dritte Theil des Umfanges der Spindel, also auch größer als der Durchmesser derselben, wegen §. 103. u. 123.

§. 128.

An Räderwerken gibt es außer der Reibung an den Lagerzapfen auch noch eine da, wo Zähne und Triebstecken zusammen greifen. Erstere wird nach Gründen des §. 124. geschätzt, und letztere erhält man für ein Rad und Getrieb mit hinlänglicher Genauigkeit, wenn man $\frac{1}{18}$ der an demselben Rade oder Getriebe wirkenden Last nimmt. Diejenige Kraft aber, welche der Last nebst der Reibung am Zapfen des Wellrades und an den Zähnen und Triebstecken das Gleichgewicht hält, wird bestimmt, wenn man zu der Länge eines gegebenen He-

Fig. 43. belsarm tu, woran die zu suchende Kraft wirkt, zu dem Widerstand $L + \frac{1}{18} L = L (1 + \frac{1}{18}) = L . 1{,}05$, und zu dem Hebelsarm ct, woran die Last wirkt, die 4te Proportionalzahl sucht.

Daher ist es leicht, an einen gegebenen Räderwerk die Kraft zu berechnen, welche einer gegebenen Last nebst der gesammten Reibung das Gleichgewicht hält. Man muß nähmlich zuerst an demjenigen Wellrade die gesuchte Kraft berechnen, woran die Last unmittelbar angebracht ist; diese Kraft ist die Last in dem nächstfolgenden Wellrade, wozu man wieder die Kraft nach dem Vorigen finden kann, welche dieser Last nebst der Reibung sowohl in den Zapfenlagern, als auch zwischen den Zähnen und Triebstecken das Gleichgewicht hält; diese Kraft ist die Last am dritten Wellrade, u. s. w. Auf ähnliche Art verfährt man auch bey einer andern zusammengesetzten Maschine.

III. Von den Mitteln, wodurch die Reibung vermindert wird.

§. 129.

Obgleich die Reibung an den Maschinen sich niemahls gänzlich aufheben läßt, so kann sie doch durch nachstehende Mittel um vieles vermindert werden.

1.) Muß man so viel möglich zu vermeiden suchen, daß sich gleichartige Materie auf einander reiben, z. B. nicht Eisen auf Eisen, Messing auf Messing, u. s. w. Die Erfahrung lehrt, daß sich Eisen auf Messing oder Metall, Stahl auf Zinn; hartes Holz auf Messing oder auf hartem Holze einer andern Art weniger reibe.

2.) Sollen die sich reibenden Theile einer Maschine so hart als möglich gewählt, und so glatt als möglich gemacht werden, auch soll man zu verhindern trachten, daß sich fremde, harte Körperchen, als: Sand, Staub, u. dgl, dazwischen setzen.

3.) Läßt sich die Reibung an allen Achsen oder Lagerzapfen leichter überwinden, wenn man sie von so kleinen Durch-

messern anordnet, als die Schwere der Last und die Dauerhaf- Fig.
tigkeit es nur immer erlauben, weil die Schwere dieser Theile nicht nur nach dem einfachen Verhältnisse, sondern größten Theils nach den Verhältnissen der Cubi ihrer gleichnahmigen Abmessungen wachsen.

4.) Auch wird die Reibung vermindert, wenn man die Achsen, anstatt in Pfannen, auf zwey neben einander liegenden Zylindern, oder anstatt in runden Pfannen in viereckigen, trapezförmigen laufen läßt; wie auch, wenn die schleifende Bewegung einer Last in eine walzende verwandelt wird, d. i., wenn Rollen (Walzen) unter die zu bewegende Last gelegt, oder nach Umständen sogenannte Friction-Räder angebracht werden.

5.) Die Reibung an den Zähnen der Räder und an den Spindeln der Getriebe wird leichter überwunden, je mehr Zähne und Spindeln sich an denselben befinden; und sie wird beynahe gänzlich aufgehoben, wenn man den Zähnen und Triebstecken eine solche Figur zu geben bedacht ist, daß sie sich nicht über einander schleifen, sondern ohne Schleifen über einander wälzen. Zuweilen lassen sich auch bey den Getrieben mit nicht geringem Nutzen zylinderische Triebstecken anbringen, die um ihre Achsen umlaufbar sind.

6) Wenn man die sich reibenden Theile mit schicklichen Materien schmieret, so wird die Reibung auch sehr vermindert. Die Erfahrung lehrt, daß, wenn Holz auf Holz sich reibt, man solches mit Wasserbley oder Reißbley, oder auch mit Seife bestreichen müsse. Eisen auf Messing wird gewöhnlich mit Baumöhl, oder Klau-Fett, Messing auf Messing mit einer Vermischung von Wachs und Inslicht bestrichen. Zu großen Maschinen nimmt man die gemeine Wagenschmier oder Schweinsfett. Auch müssen die zu schmierenden Theile vorher jedes Mahl von der alten, staubigen Schmiere gereinigt werden.

7.) Wenn an einer Maschine Stricke oder Seile nöthig sind, so soll man lieber schon etwas gebrauchte als neue nehmen, weil erstere mehr Biegsamkeit haben, oder in Ermange-

Fig. lung derselben, die neuen mittelst zwey zylinderischen Stäben, über deren einen das Seil ein oder zwey Mahl gewunden wird, ausstreifen.

8.) Um endlich überhaupt die Reibung so gering als möglich zu machen, hat man nebst obigen Mitteln zu trachten, die Maschinen so einfach, und besonders diejenigen Theile, welche sich bewegen, so gering zu machen, als nur immer die Umstände es erlauben.

Vierter Abschnitt.

Einige Anwendung des Bisherigen.

§. 130.

Unter mehreren Maschinen, welche man zum Behufe des Stockrodens und zum Ausdrucken schlagbarer Bäume sammt ihren Stöcken und Wurzeln in Vorschlag gebracht hat, sind die
44. und 48. in Fig. 44. und 48. vorgestellten die vorzüglichsten. Ob damit im Großen schon viel geleistet worden ist, oder welche Wirkung sich das Forstpublicum von derley Stock- und Baum-Rodmaschinen versprechen kann, wird aus den folgenden kurzen Betrachtungen erhellen.

44. In der Fig. 44. sind die Schraube ohne Ende und der Flaschenzug die wirkenden Maschinen. Gesetzt, das Verhältniß der Höhe = h eines Schraubenganges zu dem Umfange = U der Kurbel sey 1 : 60, und das Verhältniß der Halbmesser der Welle nR und des Rades mR sey 1 : 6; so verhält sich

K : L′ = nR.h : mR.U, vermög §. 120.

und L′ : L = 1 : 8 „ §. 121.

also auch K : L = nR.h.1 : mR.U.8

oder K : L = 1.1.1 : 6.60.8

oder K : L = 1 : 2880.

Gesetzt es arbeiten bey jeder Kurbel 2, also zusammen 4 Men-

schen, jeder mit 25 Pfund Kraft; so ist $K = 4 . 25 = 1$ Centn.; Fig.
wodurch der vorhergehende Widerstand von 2880 Centn. (ohne Reibung) im Gleichgewicht erhalten wird. 44.

Man nehme an, das Gewicht eines gewissen Stockes sammt dem Widerstande seiner Wurzeln und der darauf drückenden Erde betrage nicht mehr, als der obige Widerstand von 2880 Cent. Ferner sey die Höhe eines Schraubenganges $= 1''$, der Umfang der Spindel $= 16''$; der Durchmesser des Rades $= 60''$ und jener der Welle $= 10''$; (das Gewicht der beyden Flaschen sammt Seil und des Rades kann im Vergleich des sehr großen Widerstandes der Last in dieser Rechnung als unbedeutend außer Acht gelassen werden); die Durchmesser der Polzen $= 1''$, der mittlere Durchmesser der Rollen $= 6''$; die halbe Dicke des Seiles $= \frac{1}{4}''$: so findet man vermög §. 126. die Kraft, welche der Reibung an dem Flaschenzuge, und der an derselben unmittelbar angebrachten Last das Gleichgewicht hält $= \left(\frac{3D+d}{3D-d} + \frac{h}{D}\right)^m . \frac{L}{n} = \left(\frac{19}{17} + \frac{1}{8}\right)^7 . \frac{2880}{8} =$ 1647 Cent. Diese Kraft wirkt an dem folgenden Wellrade als Last; nach §. 95. findet man die Kraft $= \frac{L}{6} = \frac{1647}{6} = 274{,}5$ Cent., welche mit der Last (ohne Reibung), und vermög §. 124. die Kraft $r = \frac{(1647) . 1}{3 . 30 - 1} = \frac{1647}{89} = 18{,}5$ Cent., welche der Reibung an der Welle *) das Gleichgewicht hält, und nach §. 125. die Kraft $r = \frac{\frac{3}{4} . 1647}{6} . 2 = 412$ Cent., welche zur Biegung des doppelten Seiles erforderlich ist, also ist die Kraft, welche am Wellrade der Last und der Reibung das Gleichgewicht hält, $= 274{,}5 + 18{,}5 + 412 = 705$ Cent. Diese Kraft wirkt in der nachfolgenden Maschine an der Schraubenspindel mit der Kurbel wieder als Last; vermög §. 105. findet man die Kraft

*) Der Halbmesser des Bogens an der Welle, welcher in der Pfanne sich reibt, ist $= 1''$ angenommen.

Fig. 44. $= \frac{705}{16} = 44$ Cent., welche der Last, und vermög §. 127. die Kraft $= \left(\frac{1+5}{16}\right).705 = 264$ Cent., welche der Reibung das Gleichgewicht hält: also ist zum Gleichgewichte der Last und der Reibung an der ganzen Maschine die Kraft $K = 44 + 264 = 308$ Cent. erforderlich.

Wäre der ganze Klumpen Erde, in welchem die 2 bis 3 Schuh tief gehenden, im Umkreise von 20 Schuh Durchmesser sich ausbreitenden Wurzeln des von einem nur mittelmäßigen Baum zurückgebliebenen Stockes befestigt sind, lose, so würde bey einem solchen Erdzylinder (den Kubikschuh Erde nur zu 80 Pfund gerechnet) freylich nur eine Last bey 750 Cent. zu überwinden seyn, und also jene Maschine und Kraft mehr als hinreichend seyn. Allein jener Stock läßt sich nicht mit seinen Wurzeln und der ihn umgebenden Erde frey aufheben, sondern die vielen Tausend und Tausend großen und kleinen Wurzeln, welche sich in verschiedenen Tiefen und Richtungen rings herum ausbreiten, müßten theils abgerissen, theils aus der Erde gezogen (in der sie gleichsam wie eingebacken sind), oder sammt dieser in die Höhe gehoben werden, und alles dieses verursacht einen so gewaltigen Widerstand, daß wir noch kein Beyspiel kennen, einen Stock von nur mäßiger Stärke, ohne vorher seine größern Wurzeln von der Erde zu entblößen und abzuhauen, vermittelst einer Maschine frey aus der Erde gehoben zu haben. Man lese auch unten den §. 194.

Aus diesem Beyspiele erhellet zugleich, wie auf ähnliche Art bey andern Maschinen die Reibung geschätzt und in Rechnung gebracht wird. Der Kürze wegen werden wir in der Folge hierher verweisen.

§. 131.

Daher hat man auf Mittel gedacht, wodurch man Bäume sammt ihren Stöcken und Wurzeln aus der Erde drucken könne, da jene durch ihre eigene Länge und Schwere als Hebel dabey mitwirken. In Fig. 48. ist die vom Hrn. Rieffelsen hierzu ausgedachte, und in Ausführung (?) gebrachte große Kraft- und

Fig. 48 und 49

Hebmaschine, sammt der Anwendung in Fig. 49. vorgestellt. Ihre wesentlichen Bestandtheile und die wirkenden Kräfte sind im Kurzen folgende: Fig. 48.

In zwey entgegen stehende Klötzen dd und cc von Holz sind zwey starke Pfosten oder Balken nf befestigt, zwischen welchen der, auf seinen vier Seiten mit eisernen Zähnen versehene Laufbaum ab sich bewegen läßt. Durch die zwey starken, vorne mit eisernen Schnautzen beschlagenen, beweglichen Stützen ee wird der Laufbaum jedes Mahl um Einen Zahn gehoben, wenn der untere, abgerundete, mit Eisen beschlagene Theil dieser Stützen über die, ebenfalls mit Eisen beschlagenen, schiefe Fläche vermittelst der Schraube mm und der Räder n und p durch das Seil ww hinauf gezogen, und vermittelst der Schrauben ii hinauf geschoben werden.

Damit der Laufbaum nicht wieder zurück sinken könne, fallen bey jedem hinaufgeschobenen Zahn zwey starke eiserne Steller uu ein, welche eben so wie die Stützen ee durch stählerne Federn tt, ss und rr an die Zähne des Laufbaumes, während der Operation stets angedrückt werden. Zu gleicher Zeit, als die wirkenden Kräfte auf das untere Ende der Stützen ee hinarbeiten, wirken auch die an den Hebeln gg angebrachten Kräfte auf den gezähnten Laufbaum. Auch hier wird der Laufbaum wider das Zurücksinken durch zwey auf entgegengesetzten Seiten angebrachte starke Federn ff gesichert, welche in die Zähne einfallen. Die Zähne des Laufbaumes sind auf den zwey Seiten uu gleich hoch, und der Höhe der schiefen Fläche, über welche die Stützen mit ihrem untern Ende hinauf getrieben werden, vollkommen gleich. Die übrigen Zähne auf den Seiten ff können halb so hoch seyn. Sind die Stützen so weit über die schiefe Fläche hinaufgeschoben, daß die Steller uu und die Federn ff in die Zähne haben einfallrn können, so werden erstere vermittelst der Schrauben ii wieder zurück gezogen, bis sie wieder unter einen Zahn einfallen, und so aufs Neue zum Heben vorbereitet sind. An dem Schraubenkopfe bey x sind am Umfange entweder vier Löcher, oder, um

Fig. 48. die Schraubenspindel durch diese Löcher nicht zu schwächen, ein viereckiger Kopf angebracht, wodurch vermittelst eines Hebels (der im zweyten Falle wie ein Schraubenschlüssel gestaltet seyn muß), die Kraft an den Schrauben ii vermehrt wird. Die Länge der Maschine von v bis c beträgt bey 10 Fuß, der Laufbaum bey 12 Fuß, und die ganze Länge, wenn der Laufbaum heraus geschoben ist, ungefähr 18 bis 20 Fuß.

49. Die Figur 49. zeigt, wie diese Maschine an einem auszudruckenden Baume anzurichten und zu befestigen ist. Sie wird auf eine Unterlage fe, auf welcher sie sich mit den zwey halbrunden Zapfen vv (Fig. 48.) anstemmt, und vermittelst eines Seiles bcd, und einer bey d angebrachten gezähnten Welle in die Höhe gewunden und gehalten wird, bis der Kopf des Laufhammes in die von innen ringförmige, von außen viereckige um den Baum geschlagene Rahme a eingegriffen hat. Bey g sind zwey dreyzackige, gabelartige Spreitzen angebracht, daß die Unterlage sammt der Maschine nicht zurückweichen kann, welches auch durch die Kette, welche um den Baum geschlungen, und an der Unterlage befestigt ist, mit verhindert wird.

So wie der Baum während der Operation durch den Andrang aller wirkenden, auf Einen Punct, den Laufbaum, concentrirten Kräfte, eine Neigung erhält, so muß auch die Maschine sammt ihrer Unterlage nachgerückt werden. Dieses wird dadurch um so leichter bewirkt, daß durch Vorrichtungen vorne bey e an jedem Ecke eine Rolle, und hinten bey d ebenfalls an jedem Ecke eine, also zusammen vier Rollen eingeschoben werden können, worauf sodann vermittelst Hebbäume (Hebeln) die Unterlage sammt der Maschine auf diesen Rollen nachgeschoben, und vermittelst der Kette wieder befestiget wird.

48. Da weder aus der Beschreibung*) noch aus der Zeichnung

*) Peter Rieffelsen's Beschreibung und Abbildung der von ihm erfundenen großen Kraft- oder Heber-Maschine, mittelst welcher in wenig Zeit Bäume von ansehnlicher Größe sammt ihren Wurzeln aus der Erde gehoben ꝛc., wie solches

dieser Maschine die zur Berechnung des Verhältnisses der Kraft und Last nöthigen Abmessungen zu entnehmen sind, so müssen wir uns mit den bloßen Angaben begnügen. Der Erfinder gibt die Wirkung der Hebel g g, wenn an jedem zwey Menschen, jeder mit 100 Pfund Kraft arbeitet, zu 15 bis 20000 Pfund, und die Wirkung aller Kräfte auf 300000 Pfund an. (Vermuthlich alles ohne Reibung). Fig. 48.

Daß man von dieser und keiner andern Maschine dieser Art beym Forstwesen im Großen, wegen Schonung des schon vorhandenen jungen Nachwuchses, und auch damit das Regen- und Schneewasser die dadurch gelockerte Erde nicht wegschwemme, und die nackten Felsenwände zurücklasse, bisher keinen Gebrauch gemacht hat, wird Jedem einleuchten; aber daß man da, wo die Bäume sammt ihren Stöcken und Wurzeln (im Einzelnen) ohnehin ausgegraben werden, diese Maschine, da ihre Wirkung vermöge der hohen Augenzeugen, welche der Verfasser auf dem Titelblatte anführt, außer Zweifel seyn muß, noch nicht angewendet hat, ist zu verwundern (?).

§. 132.

Oefters ist es nöthig, einen festen Punct gleichsam in der Luft zu nehmen, gegen welchen hin ein aus seiner Richtung gedrückter Balken eines Gebäudes gezogen, und in seine vorige Stellung wieder gebracht werden muß. Es sey z. B. Fig. 50. L R eine solche Stütze eines Daches, auf welcher, nach der Schätzung bey 20000 Pfund Last drücken mögen. Um den nöthigen Stützpunct zu erhalten, befestige man bey c und d eine Kette (oder ein Seil), und bringe einen Balken a b in schiefer Richtung mit der Kette dergestalt in Verbindung, daß diese bey b ungefähr einen rechten Winkel macht; ferner bringe man bey g einen Flaschenzug, und bey h einen Haspel an. Da hier 50.

---

im Jahre 1806 in Gegenwart Sr. Maj. Friedrichs VI., Königs von Norwegen ꝛc. und vieler angesehener Zuschauer nahe bey Kiel öffentlich bewiesen und ausgeführt worden ist. Mit 3 Kupf. Hamburg bey J. H. Gundermann 1810.

Fig. 50. keine Last zu heben, sondern nur die Reibung bey L und R zu überwinden ist, welche durch die auf der schiefen Stütze ruhenden Last bey der Bewegung dieser Stütze in ihre vertikale Stellung entsteht, und die man hier, weil sie sehr groß ist, auf die Hälfte der Last, also auf 10000 Pfund setzen kann; so werden hierzu 2 Menschen, jeder mit 30 Pfund Kraft wirkend, hinreichen, welches aus folgender Betrachtung erhellet.

Bey dieser Vorrichtung wirken der Haspel bey h (wie 1 : 4); der Flaschenzug bey g (wie 1 : 6), und der einarmige Hebel LR (wie 1 : 7) in einandergreifend, d. i., als zusammengesetzte Maschine. Bey dem einarmigen Hebel ist bey R der Ruhepunct. In der Mitte desselben bey m kann man sich die gesammte Last vereinigt denken, die, wenn kein Hinderniß da wäre, nach der Richtung mn frey fallen würde. Nach der Richtung ef wirkt die Kraft, also ist Rn der Abstand der Last, und Rf der Abstand der Kraft, daher verhält sich

		K : L′ = (Rn = 1)	:	(Rf = 7)
bey dem Flaschenzuge	L′ : L″ =	1	:	6
= = Haspel	L″ : L =	1	:	4
	also K : L =	1	:	168
	oder K : 10000 =	1	:	168

woraus K = 60 Pfund folgt.

§. 133.

Aus ähnlicher Betrachtung findet man, daß vermittelst ei-
51. ner Vorrichtung (Fig. 51.), die Hebwalze genannt, ein aus seiner horizontalen Richtung gedrückter Balken LR eines Gebäudes wieder in seine vorige Lage durch 4 Arbeiter, jeder mit 30 Pfund Kraft wirkend, gebracht werden kann. Gesetzt man habe die Last, welche auf dem gesunkenen Balken ruht, zu 7200 Pfund geschätzt, und es sey R der Punct, um welchen sich die Last bey der Bewegung drehen muß: so ist Rn der Abstand der Last, und Rc der Abstand der Kraft, weil nach der Richtung ac die Kraft ihre Wirkung ausübt. Man mache sich ferner durch Balken eine schiefe Ebene aep, oder auch nur ei-

ne horizontale aq, und richte einen Treibebalken ab etwas schief an. Der Balken ap darf jedoch nur so schief angerichtet werden, daß der Winkel fac, der nähmlich von der Oberfläche desselben und von der Richtung ac des Treibebalkens gebildet wird, kleiner als 90° ist. Wird zur Verminderung der Reibung unten eine mit zwey Hebeln versehene walzenförmige Vorrichtung (Fig. 52.) eingeschlagen (in dem Verhältnisse 1 : 20); so kann der gesunkene Balken L R durch die Vortreibung des Treibebalkens ab, da dieser vermög der Festigkeit der Unterlage ap nicht auf den Kreisbogen afh, sondern auf der Ebene ah sich bewegen muß, leichter in die Höhe getrieben werden. Wird ferner der etwas gehobene Balken L R durch einen andern beliebigen unterstützt, damit jener nicht zurück weichen kann, während man den Treibebalken in die schiefe Lage ab, zum neuen Vortreiben wieder anrichtet; so wird auf diese Art der gesenkte Balken nach und nach in seine horizontale Lage wieder eingerichtet. Man nehme an, die Reibung betrage $\frac{1}{4}$ der Last, so kann man den zu überwindenden Widerstand auf 7200 + 1800 = 9000 Pfund setzen. Fig. 51. und 52.

Um die Wirkung der schiefen Fläche zu schätzen, ziehe man auf die Richtung ac des Treibebalkens in dem Berührungspuncte eine Senkrechte ag, so stellet afg die wirkende schiefe Fläche vor, deren Länge = af, und Höhe = fg, in dem Verhältnisse 1 : 4 ist.

Es sey ferner das Verhältniß des Winkelhebels . . . . . cR rv wie 5 : 7
und das Verhältniß der walzenförmigen
Vorrichtung . . . . Fig. 52. wie 1 : 10;
so ergibt sich das Verhältniß der Kraft zur Last:

bey dem Winkelhebel K : L′ = 5 : 7
= der walzenf. Vorr. L′ : L″ = 1 : 10
= = schiefen Fläche L″ : L = 1 : 4

daher K : L = 5 : 7.10.4
oder K : 9000 = 1 : 56
und endlich K = 160 Pfund.

Fig. 51. und 52. Für die horizontale Unterlage a q ergibt sich für die nähmliche Richtung des Treibebalkens die wirkende schiefe Fläche a g x auf ähnliche Art wie vorhin.

Würde die schiefe Unterlage in der Richtung wie v w u angelegt, so könnte der gesunkene Balken L R früher in seine horizontale Lage gebracht werden, wenn die dazu erforderliche Kraft vorhanden wäre.

Denn in diesem Falle dient die walzenförmige Vorrichtung (Fig. 52.) dem Zurücksinken des Treibebalkens sammt der darauf ruhenden Last (oder respectiven Schwere §. 44.) eben so, wie der Kraft zur leichtern Ueberwindung der Reibung bey der Bewegung des Balkens aufwärts. Es wirkt also diese Vorrichtung zum Vortheile der Kraft nur mit dem Ueberschuß des Halbmessers des Hebels nach Abzug des Halbmessers der Walze. Gesetzt es sey nach Abzug des Halbmessers der Walze von dem Halbmesser des verschiebbaren Hebels, woran die Kraft wirkt, das Verhältniß der eisernen Achse, um welche sich die Walze dreht, zu jenem Ueberschusse, wie 1 : 6, und das Verhältniß der Höhe u w zur Länge v w, wie 1 : 3; so verhält sich

an dem Winkelhebel c R n K : L′ = 5 : 7
„ der walzenf. Vorricht. L′ : L″ = 1 : 6
„ „ schiefen Fläche L″ : L = 1 : 3

daher K : L = 5 : 7.6.3
oder K : 9000 = 5 : 126
woraus K = 357 Pf. folgt;

also wären in diesem Falle im Vergleich mit dem vorigen um 357 — 160 = 197 Pf. mehr Kraft, folglich beynahe um 5 Mann mehr erforderlich.

Diese Maschine hat vor der Schraube, welche man in dergleichen Fällen anzuwenden pflegt, unverkennbare Vorzüge; denn 1.) ist ihr Kosten im Vergleiche mit der Schraube in gar keinen Betracht zu ziehen, und 2.) kann sie nach Erforderniß von der nöthigen Stärke und Höhe leicht gewählt werden, welches bey der Schraube nicht der Fall ist.

§. 134. Fig.

Aus ähnlichen Gründen muß man bey der Schätzung der Kraft zur Last eines über eine schiefe Bergfläche ziehenden (leeren oder beladenen) Wagens verfahren (Fig. 35.). Denn hier 35.
fällt eben so, wie vorhin, der Vortheil weg, den das Rad an seiner Achse als Hebel der ziehenden Kraft gewährt, weil dieser Hebel der respectiven Schwere, d. i., dem Wagen sammt Last zum Herabrollen auf gleiche Art zum Vortheil dient. Da aber diese Vortheile einander entgegen wirken, und kein Ueberschuß zum Vortheil der Kraft, wie vorhin vorhanden ist, so heben sie sich auf, und es bleibt zur Schätzung des Verhältnisses der Kraft zur Last, nur die schiefe Fläche übrig (§. 97.).

Man rechnet gewöhnlich für ein Pferd mittlerer Stärke, zum Fortziehen vermittelst eines gemein üblichen Wagens über Berg (nicht über 10 Grade Erhöhung) und Thal 12 Cent. Ladung, also ungefähr sammt Wagen 14 Cent. Es sey das Verhältniß der Höhe zur Länge des Berges wie 1 : 8
so verhält sich K : L = 1 : 8

und es ist $K = \frac{1400}{8} = 175$ Pfund, d. h. um der respectiven Schwere das Gleichgewicht zu halten, muß das Pferd 175 Pfund Kraft anwenden, und zur Ueberwindung der Reibung und wirklichen Fortbewegung noch etwas mehr sich anstrengen (§. 74.).

Auf horizontalem Boden hat dasselbe nur die Reibung zu überwinden, weil die Last von dem Boden getragen wird (§. 9.); zur leichtern Ueberwindung derselben aber dienen die als Hebel wirkenden Räder. Aus den vier ungleichen Rädern, worauf die Last vertheilt liegt, ist nur nöthig, den mittlern durchschnittsmäßigen Hebel, und bey einem Wagen mit zwey gleichen Rädern nur Ein Rad als Hebel in die Rechnung zu nehmen. Es sey Fig. 35. der Halbmesser der Achse R v = $1\frac{1}{2}$ Zoll = $\frac{1}{8}$ Schuh, der Halbmesser des Rades R u = $1\frac{5}{8}$ = $\frac{1}{8}$ Schuh; so ist R u als ein Traghebel zu betrachten, bey welchem in R der Ruhepunct, in v die Last (die Reibung zu überwinden),

Fig. 35. und in u die Kraft angebracht ist, weil bey der Beweglichkeit des Rades um die Achse der Erfolg derselben ist, ob die Kraft in u oder in R parallel zum Horizonte wirkt. Aus dem bekannten Gewichte der Ladung und des Wagens und aus den Halbmesser der Achse und des Rades läßt sich nun die zur Ueberwindung der Reibung erforderliche Kraft vermög §. 124. leicht berechnen.

Aus diesem erhellet nun, daß bey einem Holzaufzuge über eine schiefe Fläche vermittelst zweyer Wägen, wovon der volle aufwärts geht, während der leere wieder abwärts um eine neue Ladung bewegt wird, unter übrigens gleichen Umständen, an demjenigen der kleinste Aufwand an Kraft nöthig ist, bey welchem die Durchmesser der Achsen, woran die Räder sich bewegen, am kleinsten sind, und daß dabey die Höhe der Räder zum Vortheile der Kraft nichts beyträgt, daher dieselben, des geringern Kosten wegens, so niedrig als die Umstände es erlauben, gemacht werden können.

Vor den bis nun gemein üblichen Wägen zeichnen sich die nach der Erfindung der Gebrüder Edlen v. Colonius in Wien erbauten Wägen sehr vortheilhaft aus, bey welchen die nur 1 ½ Zoll dicke eiserne Achse in den Rädern fest eingezapft ist, und sich mit denselben in messingenen Büchsen herum dreht. Bey den an verschiedenen Orten damit vorgenommenen Probefahrten hat es sich gezeigt, daß durch zwey Pferde eine um ⅓ größere Last leichter, als mit den gewöhnlichen Wägen verführt werden kann.

§. 135.

Um das Hauptproduct der Wälder, das Holz, theils leichter zu transportiren, theils auf einen höhern Geldwerth zu bringen, bereitet man aus demselben im Walde verschiedene künstliche Producte, von welchen die sogenannten Holzschnittwaaren unter die vorzüglicheren zu rechnen sind. Dieses geschieht vermittelst eigener Maschinen, der Sägemühlen oder der Bretsägen. Durch diese werden aus den Baumklötzen nicht nur Breter von verschiedener Länge und Dicke, sondern auch Latten, starkes Bau- und Werkholz zum verschiedenen Gebrauche geschnitten.

§. 136. Fig.

Bey jeder Sägemühle sind durch die Kraft eines Wasserrades zwey Hauptbewegungen zu erzielen. Durch die eine wird die Säge vertikal auf- und ab bewegt, um das Holz durchzuschneiden, und durch die andere Bewegung muß der zu durchschneidende Klotz in horizontaler Richtung der Säge stets entgegen gerückt werden. Die vertikale oder lothrechte Bewegung der Säge (Fig. 41. und 42.) wird bewirkt, indem ein an der Welle des Wasserrades AA befindliches Stirnrad BB, von etwa 95 oder 96 Zähnen, in einen Drehling bb von 12 Triebstecken eingreift, an dessen Welle eine Kurbel d sich befindet. Wird nun das Wasserrad, folglich auch das Stirnrad und der Drehling in Bewegung gesetzt, so steigt und fällt die Kurbel d, und mit ihr die durch eine hölzerne oder eiserne Stange dc, den Lenker, verbundene Säge oa. Die Säge ist in der Mitte einer viereckigen Rahme nst, das Sägegatter, eingespannt, und wird sammt diesem zwischen zwey Säulen in Falzen durch den Lenker auf- und abwärts bewegt. Bey jedem Umlauf der Kurbel nähmlich wird das ganze Gatter mit der lothrecht darin befestigten Säge Ein Mahl so weit auf- und niedergeschoben, als die doppelte Länge des Kurbelbuges beträgt. Aufwärts geht die Säge leer, abwärts aber schneidet sie in das Holz ein. 41. und 42.

Die Spitzen aller Zähne der Säge dürfen nicht in einer und derselben vertikalen Linie liegen, weil sonst nur der erste Zahn einschneiden, und alle übrigen leer nachgehen würden. Man gibt daher dem Sägeblatt eine solche Einrichtung, daß bey der vertikal gespannten Säge die Spitzen der Zähne in einer schrägen Linie liegen, oder mit der Vertikallinie einen sehr spitzigen Winkel machen, welchen man den Anlauf der Säge nennt. Nun schneiden beym Niedergange der Säge alle Zähne ein. Der Anlauf bestimmt, wenn die Länge der Säge festgesetzt ist, die obere und untere Breite derselben. Auf einen 30 Zoll langen Niedergang der Säge rechnet man gewöhnlich 1 oder höchstens 2 Linien für die Tiefe des Schnittes.

Fig. 41, und 42.

§. 137.

Die zweyte Hauptbewegung dieser Maschine, wodurch der Breterklotz immer an die Säge gerückt wird, bis derselbe seiner ganzen Länge nach durchschnitten ist, wird durch folgende Einrichtung bewirkt. Auf den aus starken Pfosten (oder Balken) bestehenden Boden p sind zwey starke, mit Nuthen versehene Balken n q, die Straßbäume genannt, horizontal und parallel befestiget. Auf diesen Bäumen, zwischen und längs ihren Nuthen läuft auf Rollen der Klotzwagen m, der aus drey parallelen Balken durch Querrigel verbunden ist. Der mittlere dieser Balken, der Zahnbaum*) ist nach seiner ganzen Länge mit abwärts stehenden Zähnen versehen, in welche ein Getrieb (bey q Fig. 42.) eingreift, an dessen Welle das Sperr-Rad i i sich befindet. Dieses Rad ist an seinem Umfange mit eisernen Zähnen versehen, und erhält seine Bewegung durch den am Sägegatter befestigten Winkelhebel e f g. So wie nähmlich die Säge sammt Gatter durch den Lenker a c aufwärts geschoben wird, und der Hebelsarm e f in die Lage r f kommt, so wird das Speer-Rad durch die Stoßstange g, welche vorne klauenförmig gestaltet ist, und zwischen die Zähne des Sperr-Rades eingreift, um einen oder mehrere Zähne vorwärts gestoßen, während der Sperrkegel h rückwärts in einem Zahne wieder einfällt, und das Rad gegen das Zurückweichen sperrt. Während dessen ist der Hebelsarm c f durch die abwärts gehende Säge in die Lage a g gekommen, und dadurch die am andern Hebelsarm f g befestigte Stoßstange rückwärts gezogen, und, um das Rad vorwärts zu stoßen, aufs neue an die Zähne wieder angerichtet worden.

Mit dem Sperr-Rade dreht sich zugleich das an derselben Welle befestigte Getrieb q, und greift in die Zähne des Klotzwagens, wodurch dieser sammt dem darauf liegenden und befestigten Breterklotz nach und nach der Säge zugeschoben wird, bis

*) Oefters sind auch nur zwey Balken verbunden, wovon einer als Zahnbaum dienet.

der ganze Baum durchgesägt ist. Nun wird die Stoßstange g und der Sperrkegel h vermittelst einer Vorrichtung aufgehoben, der Wagen sammt Klotz zurückgeführt, an beyden Enden um eine Bretdicke wieder nachgerichtet, und auf's neue befestiget. Während dessen muß das Wasserrad und folglich die Maschine gehemmt werden; bey gehöriger Einrichtung aber kann sie auch während der Vorrichtung des Klotzes im Gange erhalten werden. Im ersten Falle kann die Hemmung des Wasserrades nach jedesmahligem Durchschnitte durch die Maschine selbst bewirkt werden, wenn mittelst einer Vorrichtung das Schutzbret zum Fallen gebracht, und dadurch das Wasser abgesperrt wird. Fig. 41. und 42.

Die Größe des Sperr-Rades, so wie die Anzahl Zähne desselben ist zwar willkührlich, doch muß das Rad immer ziemlich groß seyn. Der Hebelsarm fg. und die Stoßstange g haben mehrere Löcher, dadurch kann man nach mehreren Versuchen die Stoßstange und den Hebelsarm vermittelst eines Stiftes so zusammenfügen, daß jene Stange bey jedem Hinaufsteigen der Säge nach Erforderniß nur Einen oder mehrere Zähne fortstoßen muß, je nachdem der Wagen mit dem Klotze weniger oder mehr vorwärts geschoben werden soll, d. h., diese Fortrückung des Rades muß so regulirt werden, daß der zu durchschneidende Baum genau so weit an die Säge geschoben wird, als die Tiefe eines jeden Schnittes der abwärts gehenden Säge beträgt.

§. 138.

Damit eine Sägmühle durch zu geschwindes und gewaltsames Reiben des Sägegatters vor der Zeit nicht abgenützt werde, oder wohl gar in Brand gerathe, darf die Geschwindigkeit der Säge nicht zu groß seyn. Bey einer neu zu erbauenden Bretsäge muß man sich daher immer nach einer schon in guter Wirksamkeit bestehenden richten. Die Geschwindigkeit der Säge und das Reiben des Sägegatters hängt zunächst von der Länge des Kurbelbuges und der Anzahl Umdrehungen derselben in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Minute, ab. Es sey bey ei-

Fig. 41. und 42. ner neu zu erbauenden Bretsäge die Länge des Kurbelbuges = k, die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute = n, und die Geschwindigkeit für eben diese Zeit = g; so ist g = n . 2 k. Drückt man diese Größen bey einer schon bestehenden Bretsäge durch gleichnahmige, aber große Buchstaben aus, so ist

$$G = N \cdot 2K$$

daher $g : G = n \cdot 2k : N \cdot 2K$

Wäre die Wirkung der alten Bretsäge bey der Geschwindigkeit G sehr gut, so kann man g = G annehmen, dadurch wird auch n . 2 k = N . 2 K. Hieraus würde sich für die Anzahl der Umdrehungen der neuen Maschine ergeben $n = \frac{NK}{k}$.

Hätte man z. B. bey der alten Mühle die Länge des Kurbelbuges K = 14 Zoll, und die Anzahl Umdrehungen N = 72 gefunden, und nehme man für die zu erbauende Bretsäge die Länge des Kurbelbuges k = 12 Zoll an, so würde $n = \frac{72 \cdot 14}{12}$ = 84 Umdrehungen in einer Minute für die neue Maschine seyn.

Die Zahl N kann bey einer alten Mühle leicht aus der Anzahl Umläufe des Wasserrades, und aus der Anzahl der Zähne des Stirnrades und der Triebstecken des Drehlings für eine gewisse Zeit, z. B. für eine Minute gefunden werden. Die Größe K für die Länge des Kurbelbuges b d (Fig. 41.) darf man nicht zu groß annehmen, weil sonst der Lenker d c zu schief auf das Sägegatter wirkt, dieses stark an die Falzen drückt, und die Reibung vermehrt. Je kleiner demnach der Kurbelbug ist, desto leichter wird die Säge bewegt; nur darf man auch bey seiner Verkürzung die Gränze nicht überschreiten, damit die Wirksamkeit der Säge nicht darunter leide. In der Regel soll die Geschwindigkeit, mit welcher das Sägegatter sich bewegt, nie über 6 Fuß in einer Secunde betragen. Bey starkem Widerstande ist es am besten, die Geschwindigkeit nur 4 Fuß anzunehmen, damit, wenn Holzarten zu schneiden

sind, welche weniger Widerstand leisten, die Maschine doch Fig.
nicht zu schnell laufe.

§. 139.

Da die Säge bey ihrem Niedergange mit ihren Zähnen in das Holz eingreift, und den Schnitt macht, so hat die zu bewegende Kraft, nebst einem Theile der Reibung an der Maschine, auch den Widerstand zu überwinden, welcher von dem Zusammenhange (Cohäsion) des Holzes herrührt, wobey ihr aber das Gewicht des Sägegatters zu Hülfe kommt. Setzt man diesen Widerstand $= w$, das Gewicht des Sägegatters $= g$, und die gesammte Hindernißlast, welche von der Reibung des Sägegatters, des Klotzwagens, der Zähne und Getriebe, und der Wellenzapfen herrührt $= r$, so ist die zu überwindende Last beym Niedergange der Säge $= w + r - g$, und beym Aufgange $= r + g$, weil hier die Säge leer geht. Der Werth von r ist beym Aufgange der Säge etwas größer als beym Niedergange, weil bloß beym Aufgange der Klotzwagen fortgeschoben wird. Wenn die Bewegung möglichst gleichförmig seyn soll, so müßte der Werth von $w + r - g = r + g$, und folglich $w = 2g$ oder $g = \frac{1}{2} w$ seyn, d. h., es müßte das Gewicht des Sägegatters dem halben Widerstande des zu schneidenden Holzes gleich seyn. Jenes würde durch mehrere Versuche annähernd wohl gefunden werden können, wenn der von der Cohäsion herrührende Widerstand nicht so sehr verschieden wäre. So z. B. ist dieser Widerstand bey trockenem Eichenholze unter übrigen gleichen Umständen, beynahe doppelt so groß, als bey frischem Tannenholze. Außerdem wächst auch noch der Widerstand in geraden Verhältnisse der Länge, Tiefe und Weite des Schnittes, und im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeit.

Die Ungleichförmigkeit des Widerstandes könnte leicht vermindert werden, wenn man für leicht zu schneidende Holzarten Sägen mit einem größern Anlauf (§. 135.), für schwer zu schneidende aber Sägen mit einem geringern Anlauf wählte. Da dieses aber gewöhnlich nicht geschieht, und das Gewicht des Sägegatters, wegen der ihm zu gebenden nöthigen Stärke,

Fig. größer, als der halbe von der Cohäsion des Holzes verursachte Widerstand, das heißt $g > \frac{1}{2} w$ ist; so sucht man der davon herrührenden, als auch jener von der Kurbel verursachten ungleichförmigen Wirkung durch ein Schwungrad (§. 112.), oder auch durch eine oben am Sägegatter und an der Decke der Mühle befestigte biegsame Stange abzuhelfen.

Es gibt Sägemühlen mit zirkelrunden Sägen, welche sowohl vertikal als horizontal bewegt werden, und sehr vortheilhaft seyn würden, wenn ihnen nicht die Schwierigkeit entgegen stünde, daß die zirkelrunden Sägeblätter nicht leicht in einer und derselben Ebene erhalten werden können.

Auch gibt es Bretsägen, bey welchen in Einem Sägegatter mehrere Sägeblätter angebracht sind, und daher auch mehrere Breter auf ein Mahl geschnitten werden. Auch können, wenn bewegende Kraft, d. i., Wasser genug vorhanden ist, mehrere Sägegatter durch Eine Welle mit einer mehr Mahl gekröpften Kurbelstange bewegt werden, wobey man den gleichförmigen Gang der Maschine, durch die Vertheilung der wechselweise auf- und abwärtsgehenden Sägegatter herstellen kann. (§. 93.).

Uebrigens kann man an einer Bretsäge bey einem günstigen Lokale verschiedene vortheilhafte Einrichtungen anbringen, als z. B., daß die Maschine, wenn der Baum durchschnitten ist, durch eine Vorrichtung das Wasserrad selbst stellt, und den Klotzwagen wieder zurückführt, die Klötze auf einer schiefen Fläche selbst zuzieht, u. dgl.

§. 140.

Um das Holz von steilen, unfahrbaren Bergwänden in die Thäler an fahrbare Wege, Schwemmbäche u. dgl. zu bringen, legt man eigene hölzerne Kanäle an, welche man Holzleitungen, Holzbahnen, oder gewöhnlicher Holzriesen nennt. Diese werden aus geraden Baumstämmen von 6 bis 12″ und darüber im Durchmesser haltend, muldenförmig, wie der
80. Querdurchschnitt Fig. 80. Lit. Q zeigt, zusammengefügt, und auf Unterlagen befestiget, welche bald auf dem Boden unmittelbar aufliegen, bald in demselben nach Erforderniß eingelassen (oder auch nach Thunlichkeit unter demselben durchgeführt) sind,

bald auf Gerüste oder Stützen, Joche genannt, von mehreren, öfters 10 bis 20 Klaftern Höhe in den Lüften ruhen, wenn die Riese nähmlich über Vertiefungen oder Schluchten hinübergeführt werden muß, wie aus dem Längendurchschnitt FGD zu sehen ist. Daher läuft die Richtung der Holzriese bald gerade, bald schlangenförmig an den Seitenwänden, (in welchem Falle die Riese nur auf sogenannten Bergjochen Lit. M ruht), bald über den Rücken der Berge hin, Fig. 78. Lit. DEF. Eine Baumlänge z. B. von G bis H, von 3 bis 4 Klafter, wird ein Fach genennt. Am Ende bey F erhält die Riese einen sogenannten Wurf, eine Beugung aufwärts, theils damit Holz weiter hinaus geworfen wird, vorzüglich aber darum, daß die Geschwindigkeit desselben vermindert wird, und sich nicht so zerschlage. Rückwärts z. B. von E bis D u. s. w. wird die Holzriese nach und nach verlängert, so wie sich der Holzschlag jährlich mehr in den Wald hineinzieht, und bekommt oft die Länge von 1000 Klafter und darüber. Fig. 80.

Es gibt mehrere Arten von Holzriesen, nähmlich trockene Holzriesen, wie die erst beschriebenen, vermittelst welchen das Holz trocken gerieset, oder höchstens, damit sich dasselbe durch die schnelle Bewegung nicht entzünde, die Bahn mit Wasser oder Schnee befeuchtet wird. Um die Reibung zu vermindern, pflegt man die Baumstämme der Riese auf derjenigen Seite, worüber das zu riesende Holz gleiten soll, gewöhnlich zu entrinden. Ferner gibt es Schnee- und Eisriesen, welche eben die Bauart wie die vorigen, nur eine geringere Neigung oder ein geringeres Gefäll haben, weil die Reibung auf der mit Schnee oder Eis belegten Bahn bey kalter Witterung sehr gering ist*). Die Wasserriesen endlich sind hölzerne Ka-

*) Die Eisbahn wird am besten bey windstillen, hellen Nächten zugerichtet, indem man in Ermangelung des Quelwassers längs der Reihe an mehreren Orten Schnee schmelzen, und das lauwarme Schneewasser durch die Holzknechte, die zu diesem Behufe mit Steigeisen versehen sind, auf der ganzen Bahn ausspritzen läßt, welches sogleich zu Eis gefriert, und dadurch

Fig. 80. näle bey $1\frac{1}{2}$, 2 bis 3 Schuh breit und tief, von geringem Gefälle, wodurch gewöhnlich nur geringes Scheitholz (Brennholz) vermittelst des im Gebirge oft leicht zu sammelnden, geringen oder größern Menge Wassers an die verlangten Orte gerieset, oder hier vielmehr geschwemmt wird. Die Kanäle selbst werden entweder von starken Pfosten oder auch aus 5 bis 6 Zoll dicken Baumstämmchen auf ähnliche Art, wie der Querdurchschnitt Lit. Q weiset, zusammen gefügt, sodann mit Erde und Wasser verschlemmt, und auf diese Art Wasserhaltend gemacht.

§. 141.

Die schiefe Neigung der Holzriesen oder der Fall derselben, damit das Holz von selbst darüber hinabgleite, wird aus Gründen der §. 44. 1.) u. 123. bestimmt. Da nähmlich bey einem Neigungswinkel von 19° die respective Schwere der Reibung eines mittelmäßig geglätteten Körpers das Gleichgewicht hält, so muß zur wirklichen Bewegung desselben ein Uebergewicht als bewegende Kraft vorhanden seyn, welche hier aber nur durch die größere Neigung der Holzriese gewonnen werden kann. Für gewöhnliche Dreylinge (Baumstücke), von 7 bis 8 Schuh Länge und 9 bis 12 Zoll Dicke, welche mit dem Griesbeil regiert werden können, (dickere werden deswegen zwey oder mehrmahl gespalten) ist ein Uebergewicht von 20 Pfund hinreichend, dieselben von selbst zu bewegen, und vermög der erlangten Geschwindigkeit auch über solche Stellen fortzuführen, welche eine so große Neigung nicht erhalten konnten.

Diesemnach muß, wenn das Holz trocken gerieset werden soll, die bewegende Kraft $K = \frac{1}{7} L + 20$ seyn. Das Gewicht für L findet man aus dem Kubikinhalte und dem specifischen Gewichte des zu riesenden Holzes vermög §. 163. Es enthalte z. B. ein Dreyling von Tannenholz 8 Kubikfuß so ist sein Gewicht $= 8 . 58{,}35 = 471$ Pf.;

die Riese spiegelglatt macht. Dieses Besprengen mit Wasser oder das Belegen der Bahne mit Schnee muß während der Arbeit, um sie zu fördern, öfters wiederhohlt werden.

Fig. 80.

also ist $K = \frac{471}{3} + 20 = 177$ Pf.

Ferner ist $K = L . \sin A$ vermög §. 44. 1.)
daher $L . \sin A = 177$

und $\sin A = \frac{177}{L} = \frac{177}{471} = 0{,}3758$

endlich $A = 22° 4' =$ den Erhöhungswinkel b H d oder a G H der Holzriese.

Es ist aber nicht gewöhnlich, die Neigung der Riese nach Graden, sondern im Längenmaße anzugeben. Hier in unserm Beyspiele erhält dieselbe auf jede Fachlänge oder nahe 20′ Länge, $7\frac{1}{2}$ Schuh Fall oder Neigung. Denn es ist $\frac{177}{471} . 20 =$ 7,5. Hieraus folgt die practische Regel: daß man nur die Länge, für welche man den Fall der Riese wissen will (hier für 20′) mit einem Bruch*) multipliciren darf, dessen Zähler die Reibung sammt bewegender Kraft, und der Nenner das Gewicht eines der zu riesenden Stücke anzeigt.

Bey Stellen, wo die Neigung nicht, wie man zu sagen pflegt, scharf genug ist, z. B. bey G, wo gewöhnlich das Holz vermög der erhaltenen Geschwindigkeit nicht darüber weg geführt wird, muß die Riese mit Wasser (oder im Winter mit Schnee), wie man's zu nennen pflegt, gewässert werden.

§. 142.

Da bey einer Eisriese für die Reibung $\frac{1}{4}$, und bey gutem (kaltem) Wetter auch nur $\frac{1}{10}$ des Gewichtes eines der zu riesenden Holzstücke, und für das Uebergewicht zur wirklichen Bewegung 10 bis 15 Pfund hinreichen; so findet man nach der obigen Regel für die Neigung der Riese $\left(\frac{\frac{1}{10} L + 10}{L}\right) . 20 =$

*) Dieser Bruch ist nichts anderes als der sinus des Neigungswinkels.

Fig. 80. $\frac{59 + 10}{47^{1}} . 20 = 2{,}42' = 2' 5''$ Neigung auf jede Fach-Länge für die ersten zunächst am Einwurf liegenden drey bis vier Fach, wodurch die Dreylinge die nöthige Geschwindigkeit erhalten, um auch über Strecken weg zu laufen, die weniger Fall haben. Weiter abwärts der Riese kann man auch nur 1′ Fall geben, und gegen das Ende der Riese zu, sind auch 6 bis 8″ Fall, für jede Flachlänge von 20′ hinreichend.

Für eine Schneeriese muß man der größern Reibung wegen, die Neigung um einige Zolle schärfer nehmen.

Weil das Holz meistens im Winter gerieset wird, so sind die letztern zwey Arten von Riesen am gemein üblichsten. Die erstere Art, bey welcher nähmlich das Holz trocken gerieset wird, wendet man nur im Nothfalle und bey hinreichendem Gefälle an,

Für Bauholzstämme, wenn sie nicht, um keine Beschädigungen zu erleiden, im Wasser aufgefangen werden können, muß man den Wurf, d. i., die Riese am Ende bey F anf eine längere Strecke mehr flach auslaufen lassen, um dadurch die Geschwindigkeit bis zur Unschädlichkeit zu schwächen.

* * *

Eben noch vor dem Abdrucke dieses Bogens erhalte ich einen Aufsatz über das Verfahren bey der Holzbringung mittelst Riesen auf dem k. k. Salzkammergute in Oesterreich ob der Enns durch einen daselbst angestellten, sehr geschätzten Forstbeamten, Hrn. Oberwaldmeister, Paul Grill. Da man dort in dieser Art Holzbringung sehr zweckmäßig verfährt, so dürfte es dem Forstpublicum angenehm seyn, hier eine Beschreibung davon zu finden,

»Um hierorts das, aus 6½ Kammergutsschuh oder 6⅕ Wiener»schuh langen Dreylingen bestehende, Salzsudholz mit der ge»ringsten Mühеanwendung aus den Gebirgs-Gegenden in die »Thäler zu schaffen, werden die sogenannten Eisriesen an»gewendet. Eine Eisriese ist ein, gewöhnlich aus 6 gerin»gen, geraden Stämmen gebildeter Kanal, dessen Vertiefung

»beyläufig einen Halbkreis bildet, und nach Erforderniß 5 bis Fig.
»20, auch 100 bis 200 und mehr Baumlänge oder sogenannte
»Fächer, jedes zu 3 ½ Klafter lang, fortgeführt wird. Bey
»dem Gebrauche einer solchen Riese wird zuerst der Schnee
»ausgeworfen, und wenn, wie es zu Anfange des Winters mei-
»stens der Fall ist, der anfänglich gefallene nasse Schnee an-
»gefroren ist, folglich die Riesbahne vom Eise rauh, oder nach
»hiesiger Mundart rappig ist, so müssen erstlich einige schwe-
»re Dreylinge über die ganze Riese hinab gezogen oder ge-
»schoben werden, wodurch das rauhe Eis abgestoßen und ge-
»glättet wird. Ist dieses erfolgt, so werden noch einige schwe-
»re und ganz glatte Dreylinge angelassen und zur Vor-
»sicht abgewartet, bis sie über die ganze Riese passirt sind,
»dann aber werden nach und nach auch kleine Dreylinge und
»gespaltene Hölzer mit unter angelassen, und damit so lange
»fortgefahren, bis man merkt, daß sich das Eis abgerieben,
»und die Riese, wie man sich ausdrückt, trocken geworden
»ist, folglich das Holz langsamer zu gehen anfängt. Ist dieß
»der Fall, so wird mit dem Anlassen oder Holzankeh-
»ren eingehalten, und die Riesbahne mit Wasser bespritzt,
»welches man in Ermanglung einer Quelle oder eines Ba-
»ches, sich durch Schmelzung des Schnees in über Feuer ge-
»hängten Kesseln, oder auch in hölzernen Trögen, worein er-
»hitzte Steine geworfen werden, verschafft. Bey dem Bespri-
»tzen nimmt der Arbeiter in eine Hand ein gefülltes Wasser-
»geschier, und in die andere ein kleines, ungefähr ein Seitel
»Wasser haltendes Pfändel oder hölzernes Schöpferl, und wirft
»das Wasser, indem er langsam weiter geht, immer vor sich
»hin auf die Riesbahne, welche auf diese Art mit dünnem Eise
»überzogen wird. Bey sehr kaltem Wetter wird, wenn die
»Riesen wenig Fall haben, das Wasser zu dieser Bespritzung
»mehr als lauwarm genommen, weil es sodann auf der Ries-
»bahne besser auseinander fließt, und ein glatteres Eis macht.
»Dieses Bespritzen oder sogenannte Wässern der Riesen
»muß, je nachdem die Riese mehr oder weniger Fall hat, oder
»die Witterung trocken oder reifend ist, alle halbe bis
»2 auch 3 Stunden wiederhohlt werden. Ein Schneyen bey
»nicht kalter Luft ersetzt auch dieses Wässern ganz, und es kann
»bey einem solchen vortheilhaften Wetter oft eine ganze Schicht
»ununterbrochen fort gerieft, oder wie man sich hier ausdrückt,

Fig. »übergekehrt werden. Wenn eine Rieſe ſo lang iſt, daß »von dem Anfang derſelben, oder der, ſogenannten Ankehr »die Holzanlaſſer ſolche nicht mehr überſehen, oder den »Gang des Holzes hören können, ſo werden ſogenannte Rie»ſenhüther aufgeſtellt, welche den Gang des Holzes mit»telſt des Gehörs beobachten, und im Fall ein Dreyling auf »der Rieſe ſtehen bleibt; oder ſonſt etwas fehlt, den Anlaſſern »zurufen, worauf dieſe das Holzanlaſſen einſtellen.

»Dieſe Rieſenhüther haben auch das Wäſſern der Rieſen»bahn zu beſorgen, wozu ſie nähmlich jedes Mahl um das »Einſtellen des Holzanlaſſens rufen. Nach beſeitigtem Hinder»niſſe oder beendigter Rieſenwäſſerung rufen ſie ſodann wieder »um das Anlaſſen. Solche Hüther ſind, nach der Länge der »Rieſe, Einer bis Sechs, und darüber erforderlich. Im Durch»ſchnitte kann auf 20 Fach Länge Ein Hüther gerechnet wer»den, in welcher Entfernung ſie nähmlich den gegenſeitigen Zu»ruf noch gut hören können,

Soll das Rieſen oder das hier genannte Ueberkehren »gut, und ohne Anſtand vor ſich gehen, ſo müſſen die erſten »zwey oder drey Fache, in welche die Dreylinge eingewället »werden, wenigſtens 5 bis 7 Grad Fall haben, damit die »Dreylinge geſchwind in Bewegung kommen. Bey der übri»gen Strecke iſt es genug, wenn das erſte Fünftheil derſelben »3 Grad, die übrigen 4 Fünftheile aber 1 ½ bis 2 Grad Fall »erhalten. Jedoch darf die Rieſe dann nicht über 100 Fach, »oder 350 Klafter lang ſeyn, und keine beträchtliche Seiten»krümmung haben. Auch muß die Rieſe faſt durchaus von der »Erde hoch genug erhoben ſeyn, damit der Schnee und die »ſich von der Riesbahne ablöſenden Eiskörner, ſo wie das bey »der Ankehr mit in die Rieſen kommenden kleinen Spänne »oder Splitter durch die Fugen der Bahne ungehindert durch»fallen können. Sollte eine Rieſe länger als 100 Fach geführt »werden, ſo muß ſie entweder nach dem hundertſten Fach wie»derum mehr Fall bekommen, oder ſie muß in den erſten hun»dert Fächern mehr Fall haben, als hier oben angegeben iſt. »Bey Ausmittelung, ob eine Rieſe in einer Gegend anwendbar »iſt oder nicht, kommt es auch darauf an, wie der ſogenannte »Wurf (der Platz nähmlich, wohin das Holz durch die Rieſe »geworfen wird) beſchaffen iſt. Iſt dieſer Wurfplatz von der »Beſchaffenheit, daß die Dreylinge von den letzten Rieſenfach,

»welches man das Sicherfach nennt, einen solchen Abfall Fig.
»haben, oder auf einen stark abhängigen Boden von dem Orte
»des Auffalles sogleich in eine Tiefe abrollen, folglich zunächst
»am Sicherfach sich nicht anhäufen können; so ist der Gang
»(die Geschwindigkeit) der Dreylinge, welchen sie bey einem
»hier oben angegebenen Fall bekommen, hinlänglich. Wäre aber
»der Wurfplatz so beschränkt, daß der freye Auslauf des Hol-
»zes vor dem Sicherfach bald gesperrt würde, so müßte die
»Riese unter einem verhältnißmäßig größern Gefälle angelegt
»werden, um dem letzten Fache eine Richtung aufwärts geben
»zu können, wodurch die Dreylinge in die Höhe geleitet, einen
»weitern Weg durch die freye Luft nehmen, und also mehr
»Holz vor dem Sicherfach gesammelt werden kann, zugleich
»aber auch die Geschwindigkeit der Dreylinge vermindert, und
»das schon im Wurfplatze liegende Holz nicht so sehr zerstoßen
»wird. Wo also eine Erhöhung des Gefälles unzuläßig ist, muß
»man auf die Erbauung einer Holzriese verzicht leisten.

»Der höchste Fall, welchen eine Eisriese haben darf, damit
»das Holz nicht ausspringt, ist 15 bis 16 Grad, d. i., wenn sie
»länger als beyläufig 30 Fach ununterbrochen diesen Fall hat.
»Hätte sie aber 40 bis 60 Fach ununterbrochen diesen Fall, so
»wird mancher Dreyling ausspringen, um so mehr, wenn Sei-
»tenkrümmungen vorkommen. Solche stark fallende Riesenstre-
»cken, wenn die Dreylinge einen zu starken Gang bekommen,
»werden natürlich nie gewässert, und schon bey dem Bau der-
»selben werden die obersten Seitenbäume so gelegt, daß sie eine
»engere Rinne bilden, wodurch die großen und schweren Drey-
»linge sich zu beyden Seiten reiben und etwas hemmen.

»Bey einen Fall von 25 Grad wird man auch im Sommer
»bey nassem Wetter, und bey einem Falle von 35 Grad auch
»bey trockenem Wetter überkehren oder riesen können. Die nasse
»Riese aber soll, wenn sie über 30 Fach lang ist, nicht über
»35, und die trockene nicht über 45 Grad Fall haben.«

Will man den Fall einer Riese im Längenmaße anstatt im Gradmaße wissen, so darf man nur die Länge, für welche man den Fall zu wissen verlangt, mit dem Sinus des bekannten Neigungswinkel multipliciren. In Ermangelung einer eigentlichen Sinustafel kann dieses auch mittelst logarithmisch-trigonometrischen Tafeln vollführt werden. Auf diese Art findet man für eine Fachlänge = 20′ unter obi-

Fig. gen Neigungswinkel von 1 ½ Grad den Fall = 6 Zoll
= 2 = = = = 7 ½ Zoll
= 3 = = = = 1 Schuh
= 5 = = = = 1 ¾ =
= 7 = = = = 2 ½ =
= 16 = = = = 5 ½ =
= 25 = = = = 8 ½ =
= 35 = = = = 11 ½ =
= 45 = = = = 14 =

Viertes Hauptstück.

Von dem Drucke und Gleichgewichte der tropfbar flüssigen Körper, oder von der Hydrostatik.

Erster Abschnitt.

Von dem Drucke und Gleichgewichte der tropfbar flüssigen Körper überhaupt, besonders des Wassers.

§. 143.

Das Wasser und überhaupt alle flüssigen Körper sind, in so ferne sie theils selbst einer Bewegung fähig, theils ein Mittel zur Bewegung fester Körper sind, ein so wichtiger Gegenstand mechanischer Betrachtungen, daß sie für drey mathematische Wissenschaften, die Hydrostatik, die Aereometrie und die Hydraulik, Inhalt genug in sich begreifen, von welchen wir jedoch nur die nützlichsten Wahrheiten ausheben, und in dem Folgenden anführen werden. Fig.

§. 144.

Die Hydrostatik handelt von dem Drucke und Gleichgewichte der tropfbar flüssigen Körper, welche man wegen ihrer äußerst geringen Elasticität gewöhnlich als unelastisch ansieht. Die daraus hervorgehenden Lehren haben vorzüglich nützliche Anwendung in andern Zweigen der mechanischen Wissenschaften, besonders in der Wasserbaukunst und in verschiedenen Theilen der Naturkunde.

Bey den Untersuchungen über Druck und Gleichgewicht der flüssigen Körper pflegt man gewöhnlich zylindersche oder prismatische Gefäße zu nehmen, bey welchen die Gesetze

Fig. des Druckes und Gleichgewichtes eben so Statt finden, wie bey den in der Natur vorkommenden großen Wasserbehältern, als: Seen, Teichen, Klausen, Kanälen ꝛc.

Unter Boden eines Gefäßes oder Wasserbehälters, dieser mag ein Trinkglas oder ein See seyn, versteht man eine wagrechte oder horizontale Fläche, unter Wand aber eine jede nicht wagrechte ebene oder krumme Fläche im Umfange eines mit einer Flüssigkeit angefüllten Gefäßes oder Behälters.

§. 145.

Wenn in einem mit Wasser, oder einer andern tropfbaren Flüssigkeit, gefüllten Gefäße die Oberfläche des Wassers oder der sogenannte Wasserspiegel vollkommen horizontal steht, so ist die ganze Flüssigkeit in vollkommener Ruhe; und umgekehrt, wenn kein Wassertheilchen in Bewegung ist, so muß die Oberfläche des Wassers vollkommen horizontal seyn.

Denn lägen einige Wassertheilchen wirklich höher als an-
54. dere, so würden die höher liegenden Theilchen a, b, c, wegen ihrer leichten Verschiebbarkeit sogleich den Gesetzen der Schwere folgen, und nach tiefern Stellen, m, n . . herabrollen, und dieses Herabrollen würde nur dann aufhören, wenn es für die Wassertheilchen gar keine tiefere Stelle mehr gäbe, und alle einerley Höhe hätten, d. h., wenn die Oberfläche des Wassers vollkommen horizontal geworden wäre.

Wegen der Kugelgestalt unserer Erde kann die mit dem Horizont parallele Oberfläche des flüssigen Körpers keine vollkommene ebene Fläche seyn, daher haben größere Theile derselben, als: Seen, Meere, eine gekrümmte, erhabene Oberfläche.

Betrachtet man aber von der Erdkugel kleinere Theile ihrer flüssigen Oberfläche, oder schließt man solche in Gefäße ein, so können sie als eben angesehen werden, weil kleine Bögen eines sehr großen Kreises von einer geraden Linie nicht verschieden sind.

Ein Bogen von 1 Grad ist (vermög Geom. 83 und 28a) von einer geraden Linie nicht merklich verschieden. Ein solcher Bo-

gen unserer Erdkugel enthält 15 deutsche Meilen. Aber selbst Fig.
auf solche Weiten erstrecken sich die hydrostatischen Betrachtungen in Bezug auf den Wasserbau nicht, sondern nur auf kleine Strecken, als Teiche, Kanäle, Klausen, Flüsse, kleinere Seen, u. dgl.

Wenn aber die Gefäße sehr klein sind, so geht diese ebene Oberfläche in eine hohle über; denn die Wände der Gefäße ziehen den flüssigen Körper an, und weil die anziehende Kraft der Wände des Gefäßes größer ist, als der Zusammenhang der Theile des flüssigen Körpers unter einander, so werden die an den Wänden anliegenden Theilchen etwas erhöht, und verändern die ebene Oberfläche in eine hohle; daher sind solche enge Röhren zu hydrostatischen Untersuchungen nicht tauglich.

Man kann also eine ebene Fläche, z. B. die Fläche eines Meßtisches in eine horizontale Lage bringen, wenn man dieselbe zur Oberfläche der Flüssigkeit, welche in einem etwas größeren Gefäße darauf gestellt wird, gleichlaufend richtet.

§. 146.

Jeder Theil eines in einem Gefäße eingeschlossenen flüssigen Körpers wird in gleicher Höhe auf allen Seiten gleich stark gedrückt, wenn die Flüssigkeit in vollkommener Ruhe ist.

Denn vermög der vorausgesetzten Ruhe der Flüssigkeit muß die Oberfläche derselben vollkommen horizontal seyn (§. 145.). 55.
Denkt man sich nun die ganze Flüssigkeit in horizontale Schichten getheilt, so drückt die oberste mit ihrem ganzen Gewichte die nächstfolgende Schichte, und diese widersteht jenem Drucke mit gleicher Kraft. Gesetzt es wäre der Widerstand der untern Schichte schwächer, oder stärker, so würde im ersten Falle die obere Schichte eine Bewegung abwärts, und im zweyten Falle eine Bewegung aufwärts machen müssen, welches aber wider die vorausgesetzte Ruhe der Flüssigkeit wäre; folglich werden alle Theilchen der obersten Schichte eben so stark aufwärts gedrückt, als sie selbst abwärts drücken.

Wegen des geringen Zusammenhanges und der leichten Verschiebbarkeit der flüssigen Körper drückt jedes Theilchen nicht

Fig. 55. nur abwärts, sondern auch seitwärts gegen die nebenliegenden Theilchen, und diese widerstehen mit einer gleich großen Kraft aus den vorigen Grunde. Z B., wenn das Theilchen a mit einer gewissen Kraft auf die zunächst anliegenden Theilchen b b drückt, so müssen diese mit gleich großer Kraft entgegen wirken, damit die Flüssigkeit, wie vorausgesetzt ist, in Ruhe verbleibe. Eben dieses gilt auch von den übrigen Theilchen c c bis zur Wand des Gefäßes, welche den andrückenden flüssigen Theilen mit gleicher Kraft widersteht. Auf gleiche Art drückt die zweyte Schichte durch ihr eigenes Gewicht sowohl, als auch durch das Gewicht der über ihr stehenden ersten Schichte auf die dritte, und diese widersteht mit einem gleich großen Gegendruck. Die Theilchen dieser Schichte drücken auch seitwärts mit einer eben so großen Kraft, als sie von oben her gedrückt werden, und die nebenliegenden widerstehen mit gleicher Kraft, u. s. w. Wenn demnach ein in einem Gefäße eingeschlossener flüssiger Körper in Ruhe ist, so werden alle Theile, welche in einer und derselben horizontalen Schichte, oder in gleicher Höhe liegen, von allen Seiten gleich stark gedrückt; so zwar, daß die Theile in der untersten Schichte den stärksten, und jene der obersten den schwächsten Druck erleiden.

Wenn auf die Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit eine äußere Kraft wirkt, so theilt sich diese Wirkung sogleich der ganzen flüssigen Masse mit, und wenn diese Kraft, oder die gegenwirkende an irgend einem Orte nachläßt, so entsteht eine Bewegung der flüssigen Theile dahin. Wenn daher die Seitenwand oder der Boden des Gefäßes durchbohrt, und eben daher in jenem Orte die Gegenwirkung getilgt oder hinweg geräumt wird, so wird die ganze Flüssigkeit sich dahin bewegen und herausrinnen, welches klar beweiset, daß das Streben aller Theile gegen den Ort des kleinsten Widerstandes geschieht.

§. 147.

In communicirenden (mittheilenden) Röhren sind gleichartige Flüssigkeiten im Gleich-

gewichte, wenn sie gleiche Höhe haben, d. i., wenn die Oberfläche der Flüssigkeit in einer Röhre eben so hoch über den Horizont steht, als in der andern. Fig.

Hierbey sind im Wesentlichen drey Fälle zu unterscheiden:

1.) Wenn die Röhren gleiche Durchmesser haben, und beyde vertikal stehen.

2.) Wenn die vertikal stehenden Röhren verschiedene Durchmesser haben, und

3.) Wenn eine von den Röhren oder beyde schief stehen, ihre Durchmesser aber gleich, oder auch verschieden sind.

1.) Im ersten Falle Fig. 56. denke man durch ab eine horizontale Ebene, so ist der flüssige Theil unterhalb ab in Ruhe vermög §. 145. Haben nun die Säulen oberhalb ab gleiche Höhen ac = bd, so haben sie, wegen der vollkommen gleichen Durchmesser, gleiche Kubikinhalte; und weil ferner die Flüssigkeit als gleichartig, folglich von gleicher Dichtigkeit vorausgesetzt ist (§. 6.), so haben die beyden in den Röhren enthaltenen flüssigen Säulen gleiches Gewicht; daher drückt die eine bey b eben so stark als die andere bey a auf die unterhalb ab ruhende Flüssigkeit, folglich verbleibt eben so wie bey der Wage (§. 85.) alles im Gleichgewichte. 56.

2.) Im zweyten Falle, wenn nähmlich die Röhren verschiedene Durchmesser haben (Fig. 57.), so werden auch die Grundflächen der Säulen des flüssigen Körpers verschieden seyn. Es sey z. B. die Grundfläche AB 4 Mahl so groß, als die Grundfläche ab, so wird, während das Flüssige in der größeren Röhre AB um 1 Zoll, etwa von A bis C hinab steigt, oder gedrückt wird, jenes Flüssige in der Röhre ab um 4 Zolle hinaufsteigen, weil die nähmliche Masse BC in einen 4 Mahl engern Raum getrieben wird. Es verhalten sich also die von der Flüssigkeit in der nähmlichen Zeit beschriebenen Räume, wie 1 : 4; das heißt, es hat bey diesem Verhältnisse der Durchmesser der Röhren, die Flüssigkeit in der engern Röhre eine 4 Mahl so große Geschwindigkeit, als in der weitern, wodurch 57.

Fig. 57. das, was in der engern Röhre an Masse abgeht, an der Geschwindigkeit in dem nähmlichen Verhältnisse ersetzt wird.

Da nun in der größeren Röhre die Massen = 4, und die Geschwindigkeit = 1, in der kleineren Röhre die Masse = 1, und die Geschwindigkeit = 4 ist, also die Momente in beyden Röhren vollkommen gleich, nähmlich 4.1 = 1.4 sind; so halten sie einander das Gleichgewicht, wenn der flüssige Körper in der engern Röhre eben so hoch steht, als in der weitern.

58. 3.) Im dritten Falle Fig. 58. denke man wieder durch eb eine horizontale Ebene, so ist die unterhalb cb stehende Flüssigkeit in Ruhe. Die eine der drückenden Säulen ee in der schief geneigten Röhre ist zwar etwas länger als die entgegen drückende ba. Da aber die Flüssigkeit wegen der Schwerkraft auf die schiefe Wand lothrecht drückt, so wird ein Theil ed von der schiefen Wand der Röhre getragen und aufgehoben (§. 40. u. 44. 2.), also wirkt die schiefe Wassersäule nur mit der Kraft cd gegen die andere, so wie diese wegen der vorausgesetzten gleichen Durchmesser der Röhren und der gleichartigen Flüssigkeit, mit der Kraft ab = cd wiedersteht; folglich ist die Flüssigkeit in beyden Röhren im Gleichgewichte, wenn sie in der einen Röhre eben so hoch steht, als in der andern.

57. Wenn bey der geneigten Röhre der Durchmesser kleiner wäre als bey der senkrechten, so wird auch wegen der größeren Geschwindigkeit in der engern Röhre ein eben so großes Moment, als in der weitern Röhre seyn; folglich wird die Flüssigkeit, wie oben im zweyten Falle gezeigt worden ist, bey gleichen Höhen m und n im Gleichgewichte stehen.

Eben dieses findet Statt, wenn die eine Röhre auf verschiedene Art gebogen oder gekrümmt wäre; denn es können alle schiefe Flächen als eine einzige betrachtet werden, welche dieselbe Höhe hat, die alle zusammen haben.

Auf diese Eigenschaft gründet sich die Wasserwage oder dasjenige Instrument, wovon in der practischen Geometrie §. 525. gehandelt worden ist, bey welchem die gleichen Höhen bey den communicirenden Röhren eine Horizontallinie anzeigten.

Auch erklärt sich hieraus das Steigen und Fallen des Was- Fig.
sers in Brunnen an benachbarten Flüssen oder Bächen.

Eben so wird hieraus erklärbar, warum man Quellwasser auf Entfernungen von einigen Stunden unter der Erde über Berg und Thal an einen tiefer liegenden Ort hinleiten kann, ohne dasselbe in unterstützten Röhren oder Kanälen durch die Luft von einer Anhöhe zur andern (gleichsam wie das Holz über Riesen, Fig. 80.) leiten zu müssen, wenn nur der Ursprung höher liegt, als alle Berge und Anhöhen, worüber das Wasser bis zu dem verlangten Orte geleitet werden soll. Weil die tiefer liegenden Röhren einen größern Druck erleiden (§. 146.), so müssen sie verhältnißmäßig stärker, als die höher liegenden seyn.

Bey solchen Wasserleitungen, wo das Wasser in Röhren steigen und fallen muß, sammelt sich an den höchsten Stellen Luft, durch welche der Durchfluß des Wassers geschwächt, oft auch unterbrochen wird. Deßwegen werden an diesen Stellen kleine verticale Röhren (Luftstöcke) angebracht, wodurch die gesammelte Luft entweichen kann. An den tiefen Stellen hingegen sammeln sich leicht verschiedene Unreinigkeiten, Schlamm u. dgl. Damit die Anhäufung derselben dem Wasser nicht den Weg verschließe, pflegt man bey längern Röhrenleitungen alle 30 bis 50 Klafter viereckigte Kasten anzubringen, in welchen die Unreinigkeiten sich sammeln können. Diese Kasten heißt man Wechselhäuschen.

Auch ist es klar, daß man auf diese Art Wasser quer über einen Fluß, in manchen Fällen vortheilhafter, unterhalb seines Grundbettes hindurch, und zu irgend einem Gebrauche weiter fortführen könne, als dasselbe oberhalb des Wasserspiegels in unterstützten hölzernen Kanälen hinüber zu leiten: weil jene Wasserleitung nicht der Zerstörung des anwachsenden und reissenden Strommwassers, wie diese ausgesetzt ist; vorausgesetzt jedoch, daß die Größe des Strommwassers eine solche Anlage überhaupt zuläßt, und daß bey der Anlage der unterirdischen Wasserleitung dem Unterwaschen derselben vorgebeugt wurde. Ein ähnliches Schutzmittel wider das Unterwaschen ist aus dem Durchschnitte Lit. U, Taf. VI. bey t zu ersehen.

Fig.

§. 148.

In communicirenden Röhren von gleichen Durchmessern sind ungleichartige Flüssigkeiten im Gleichgewichte, wenn sich ihre Höhen verhalten wie umgekehrt ihre specifischen Gewichte.

Vermög §. 12. verhalten sich die Massen, von verschiedenartigen Körpern, wie die Producte aus ihren Dichtigkeiten in die Kubikräume, nähmlich $M : m = DK : dk$.

Nun aber sind Körper im Gleichgewichte, wenn sie gegen einander gleiche Kräfte äußern, oder gegen einander gleich stark drücken; dieses wird geschehen, wenn ihre Gewichte oder Massen gleich sind. Setzet man daher in obiger Proportion $M = m$,

so wird auch $DK = dk$ vermög Rk. 204. II.

und sich verhalten $D : d = k : K$ = Rk. 207.

und $D : d = S : s$, vermög §. 14.

daher auch $S : s = k : K$; d. h. die specifischen Gewichte der verschiedenen Körper verhalten sich wie umgekehrt ihre Kubikräume.

Ferner verhalten sich, bey Zylindern von gleichen Durchmessern, die Kubikinhalte wie ihre Höhen, nähmlich:

$k : K = h : H$ (Geom. 204. I.),

und $S : s = k : K$ vermög Vorigen,

also auch $S : s = h : H$; d. h., bey Körpern von verschiedenen Dichtigkeiten verhalten sich die specifischen Gewichte wie umgekehrt ihre Höhen, welche sie in communicirenden Röhren von gleichen Durchmessern einnehmen.

Eben dieses Verhältniß findet Statt, wenn die Röhren verschiedene Durchmesser haben, oder eine derselben geneigt ist; im ersten Falle wird der Abgang der Masse in der engern Röhre durch die Geschwindigkeit ersetzt (§. 147. 2.), und im zweyten Falle wirkt nur die respective Schwere (§. 147. 3.)

In der Erfahrung sehen wir diesen Satz bestätigt bey mittheilenden Röhren, wovon die eine mit Queckſilber, und die andere mit Wasser gefüllt wird. Weil das erstere sehr nahe 14 Mahl so

viel wiegt, daher um eben so viel Mahl dichter ist als letzteres; so steht dieses in der Röhre beynahe auch 14 Mahl höher als jenes. Noch auffallender sieht man dieses bey dem Barometer, wo eine 28 Zoll hohe Queckſilberſäule mit der unermeßlichen Höhe einer Luftſäule von gleichem Durchmeſſer im Gleichgewichte ſteht. Wäre die atmoſphäriſche Luft in ihrer ganzen Höhe von gleichförmiger Dichtigkeit, ſo würde man vermöge des obigen Satzes ihre Höhe genau beſtimmen können. Fig.

Zweyter Abſchnitt.

Von der Größe des Druckes der flüſſigen Körper auf den Boden und die Seitenwände der Gefäße.

I. Von der Größe des Druckes auf den Boden.

§. 149.

Der Druck des Waſſers auf den Boden des Gefäßes iſt gleich dem Gewichte einer Waſſerſäule, welche die Fläche des Bodens zur Grundfläche, und die Höhe des flüſſigen Körpers zur Höhe hat.

Auch hierbey finden drey verſchiedene Fälle Statt.

1.) Wenn das Gefäß durchaus gleich weit iſt,

2.) wenn daſſelbe oben weiter als unten, und

3.) wenn das Gefäß unten weiter als oben iſt.

1.) Im erſten Falle, Fig. 55., hängt der Druck von der Schwere der ganzen flüſſigen Maſſe, d. i., von der Summe aller auf den Boden liegenden oder lothrecht drückenden Säulen ab; alſo iſt der Druck auf den Boden gleich dem abſoluten Gewichte aller Theile der ganzen Flüſſigkeit. Nun aber iſt das abſolute Gewicht gleich dem Kubikraume des im Gefäße eingeſchloſſenen flüſſigen Körpers, multiplicirt mit dem wirklichen Gewichte eines Kubikſchuhes der Flüſſigkeit (§. 12. II. 2.); 55.

Fig. und das Volum des Gefäßes, dessen Gestalt die Flüssigkeit annimmt, ist gleich der Grundfläche, multiplicirt mit der Höhe der Flüssigkeit; folglich erhält man den Druck eines flüssigen Körpers auf den Boden des Gefäßes, wenn man die Grundfläche des Gefäßes mit der Höhe des flüssigen Körpers, und mit dem wirklichen Gewichte eines Kubikschuhes desselben multiplizirt.

2.) Wenn bey dem Gefäße der untere Boden kleiner als
59. der obere ist (Fig. 59.), so drückt nur jener Theil a c d b des flüssigen Körpers auf den Boden a b, welcher auf diesem wirklich lothrecht aufliegt, während der übrige zwischen der Wand des Gefäßes und dem Wasserkörper a c d b liegende Theil des Flüssigen, auf den Boden unwirksam wird.

Denn die um den flüssigen Körper a c d b herumliegenden flüssigen Theile e c a, d b f . . . drücken nur die Seitenwände e a, b f . . . in vertikaler oder lothrechter Richtung. Nun aber bilden die Wände e a und b f . . . schiefe Ebenen, daher wird von dem lothrechten Druck ein Theil durch den Widerstand der Wände aufgehoben (§. 40.), die übrigen Theile c e, d f . . . des lothrechten Druckes dieser Säulen werden zur Unterstützung und Tragung des Wasserkörpers c a b d verwendet, bilden gleichsam die Seitenwände dieses Zylinders, ersetzen den Mangel der Kohäsion des Flüssigen, und tragen also zum Drucke auf den Boden nichts bey; folglich erhält man auch bey einem Gefäße, welches unten enger als oben ist, den Druck auf den Boden, wenn man die Grundfläche a b mit der Höhe a c, und mit dem Gewichte eines Kubikschuhes der Flüssigkeit multiplicirt, wie oben im ersten Falle.

3.) Wenn bey einem Gefäße der untere Boden größer als
60. der obere ist (Fig. 60.), so wird vermög §. 146. jeder Theil des flüssigen Körpers in einer und derselben horizontalen Schichte gleich stark, und jede tiefere Schichte stärker als die vorhergehende gedrückt, folglich muß die letzte, unmittelbar auf dem Boden aufliegende Schichte, auch den Boden allenthalben gleich stark drücken, weil an den kürzeren vertikalen Wassersäulen das

an der Geschwindigkeit ersetzt wird, was ihnen an der Masse abgeht. Fig. 60.

Denn bringt man in e oder in m, an der Seitenwand des Gefäßes eine communicirende Röhre an, so wird der flüssige Körper nach dem Gesetze der communicirenden Röhren, bis zur Höhe i k steigen, also erleiden die Wassertheile f, n .... cn den Wänden des Gefäßes in der untersten Schichte eben denselben Druck von oben und von allen Seiten, als wie die Theile c, d . . . eben dieser Schichte, worauf die dem Gefäße gleich hohen Wassersäulen c a, d b . . . drücken; folglich leidet der Boden einen eben so großen Druck, als wenn eine Wassersäule g i k h, von dem Durchmesser g h und der Höhe c a auf ihn drückte. Man erhält daher auch bey einem Gefäße, welches unten weiter als oben ist, den Druck auf den Boden, wenn man die Grundfläche des Gefäßes mit der Höhe der Flüssigkeit, und mit dem Gewichte eines Kubikfußes derselben multiplicirt. Man findet demnach allgemein den Druck auf den untern horizontalen Boden eines wie immer gestalteten Gefäßes, wenn man die Fläche des Bodens mit der Höhe der Flüssigkeit, und diesen Kubikraum auch noch mit dem Gewicht eines Kubikzolles oder Kubikschuhes multiplicirt, je nachdem das Kubikmaß des drückenden flüßigen Körpers in Kubikzollen oder Kubikschuhen ausgedrückt ist.

§. 150.

Folgender Versuch bestätigt das Vorhergehende. Man befestige vermittelst einer starken Schnur eine Rindsblase, oder ein wasserdichtes Leder, an zwey gleich großen hölzernen Scheiben a b und c d, (etwa im Durchmesser von 6 bis 10, und in der Dicke $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll), und ziehe die Blase in der Mitte bey m n mit einer andern Schnur etwas locker zusammen. Ferner befestige man in der obern Scheibe eine Glasröhre s t, etwa von 2 bis 3 Linien im innern Durchmesser, und von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Schuh Länge. Nun lege man ein beliebiges Gewicht, e und f, etwa 20, 30 oder mehrere Pfunde auf die obere Scheibe, 61.

Fig. 55. nur abwärts, sondern auch seitwärts gegen die nebenliegenden Theilchen, und diese widerstehen mit einer gleich großen Kraft aus den vorigen Grunde. Z B., wenn das Theilchen a mit einer gewissen Kraft auf die zunächst anliegenden Theilchen b b drückt, so müssen diese mit gleich großer Kraft entgegen wirken, damit die Flüssigkeit, wie vorausgesetzt ist, in Ruhe verbleibe. Eben dieses gilt auch von den übrigen Theilchen c c bis zur Wand des Gefäßes, welche den andrückenden flüssigen Theilen mit gleicher Kraft widersteht. Auf gleiche Art drückt die zweyte Schichte durch ihr eigenes Gewicht sowohl, als auch durch das Gewicht der über ihr stehenden ersten Schichte auf die dritte, und diese widersteht mit einem gleich großen Gegendruck. Die Theilchen dieser Schichte drücken auch seitwärts mit einer eben so großen Kraft, als sie von oben her gedrückt werden, und die nebenliegenden widerstehen mit gleicher Kraft, u. s. w. Wenn demnach ein in einem Gefäße eingeschlossener flüssiger Körper in Ruhe ist, so werden alle Theile, welche in einer und derselben horizontalen Schichte, oder in gleicher Höhe liegen, von allen Seiten gleich stark gedrückt; so zwar, daß die Theile in der untersten Schichte den stärksten, und jene der obersten den schwächsten Druck erleiden.

Wenn auf die Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit eine äußere Kraft wirkt, so theilt sich diese Wirkung sogleich der ganzen flüssigen Masse mit, und wenn diese Kraft, oder die gegenwirkende an irgend einem Orte nachläßt, so entsteht eine Bewegung der flüssigen Theile dahin. Wenn daher die Seitenwand oder der Boden des Gefäßes durchbohrt, und eben daher in jenem Orte die Gegenwirkung getilgt oder hinweg geräumt wird, so wird die ganze Flüssigkeit sich dahin bewegen und herausrinnen, welches klar beweiset, daß das Streben aller Theile gegen den Ort des kleinsten Widerstandes geschieht.

§. 147.

In communicirenden (mittheilenden) Röhren sind gleichartige Flüssigkeiten im Gleich-

gewichte, wenn sie gleiche Höhe haben, d. i., Fig.
wenn die Oberfläche der Flüssigkeit in einer Röhre eben so hoch über den Horizont steht, als in der andern.

Hierbey sind im Wesentlichen drey Fälle zu unterscheiden:

1.) Wenn die Röhren gleiche Durchmesser haben, und beyde vertikal stehen.

2.) Wenn die vertikal stehenden Röhren verschiedene Durchmesser haben, und

3.) Wenn eine von den Röhren oder beyde schief stehen, ihre Durchmesser aber gleich, oder auch verschieden sind.

1.) Im ersten Falle Fig. 56. denke man durch ab 56.
eine horizontale Ebene, so ist der flüssige Theil unterhalb ab in Ruhe vermög §. 145. Haben nun die Säulen oberhalb ab gleiche Höhen ac = bd, so haben sie, wegen der vollkommen gleichen Durchmesser, gleiche Kubikinhalte; und weil ferner die Flüssigkeit als gleichartig, folglich von gleicher Dichtigkeit vorausgesetzt ist (§. 6.), so haben die beyden in den Röhren enthaltenen flüssigen Säulen gleiches Gewicht; daher drückt die eine bey b eben so stark als die andere bey a auf die unterhalb ab ruhende Flüssigkeit, folglich verbleibt eben so wie bey der Wage (§. 85.) alles im Gleichgewichte.

2.) Im zweyten Falle, wenn nähmlich die Röhren
verschiedene Durchmesser haben (Fig. 57.), so werden auch die 57.
Grundflächen der Säulen des flüssigen Körpers verschieden seyn. Es sey z. B. die Grundfläche AB 4 Mahl so groß, als die Grundfläche ab, so wird, während das Flüssige in der größeren Röhre AB um 1 Zoll, etwa von A bis C hinab steigt, oder gedrückt wird, jenes Flüssige in der Röhre ab um 4 Zolle hinaufsteigen, weil die nähmliche Masse BC in einen 4 Mahl engern Raum getrieben wird. Es verhalten sich also die von der Flüssigkeit in der nähmlichen Zeit beschriebenen Räume, wie 1 : 4; das heißt, es hat bey diesem Verhältnisse der Durchmesser der Röhren, die Flüssigkeit in der engern Röhre eine 4 Mahl so große Geschwindigkeit, als in der weitern, wodurch

Fig. 57. das, was in der engern Röhre an Masse abgeht, an der Geschwindigkeit in dem nähmlichen Verhältnisse ersetzt wird.

Da nun in der größeren Röhre die Massen = 4, und die Geschwindigkeit = 1, in der kleineren Röhre die Masse = 1, und die Geschwindigkeit = 4 ist, also die Momente in beyden Röhren vollkommen gleich, nähmlich 4.1 = 1.4 sind; so halten sie einander das Gleichgewicht, wenn der flüssige Körper in der engern Röhre eben so hoch steht, als in der weitern.

58. 3.) Im dritten Falle Fig. 58. denke man wieder durch eb eine horizontale Ebene, so ist die unterhalb cb stehende Flüssigkeit in Ruhe. Die eine der drückenden Säulen ec in der schief geneigten Röhre ist zwar etwas länger als die entgegen drückende ba. Da aber die Flüssigkeit wegen der Schwerkraft auf die schiefe Wand lothrecht drückt, so wird ein Theil ed von der schiefen Wand der Röhre getragen und aufgehoben (§. 40. u. 44. 2.), also wirkt die schiefe Wassersäule nur mit der Kraft cd gegen die andere, so wie diese wegen der vorausgesetzten gleichen Durchmesser der Röhren und der gleichartigen Flüssigkeit, mit der Kraft ab = cd wiedersteht; folglich ist die Flüssigkeit in beyden Röhren im Gleichgewichte, wenn sie in der einen Röhre eben so hoch steht, als in der andern.

57. Wenn bey der geneigten Röhre der Durchmesser kleiner wäre als bey der senkrechten, so wird auch wegen der größeren Geschwindigkeit in der engern Röhre ein eben so großes Moment, als in der weitern Röhre seyn; folglich wird die Flüssigkeit, wie oben im zweyten Falle gezeigt worden ist, bey gleichen Höhen m und n im Gleichgewichte stehen.

Eben dieses findet Statt, wenn die eine Röhre auf verschiedene Art gebogen oder gekrümmt wäre; denn es können alle schiefe Flächen als eine einzige betrachtet werden, welche dieselbe Höhe hat, die alle zusammen haben.

Auf diese Eigenschaft gründet sich die Wasserwage oder dasjenige Instrument, wovon in der practischen Geometrie §. 525. gehandelt worden ist, bey welchem die gleichen Höhen bey den communicirenden Röhren eine Horizontallinie anzeigten.

Auch erklärt sich hieraus das Steigen und Fallen des Wassers in Brunnen an benachbarten Flüssen oder Bächen. Fig.

Eben so wird hieraus erklärbar, warum man Quellwasser auf Entfernungen von einigen Stunden unter der Erde über Berg und Thal an einen tiefer liegenden Ort hinleiten kann, ohne dasselbe in unterstützten Röhren oder Kanälen durch die Luft von einer Anhöhe zur andern (gleichsam wie das Holz über Riesen, Fig. 80.) leiten zu müssen, wenn nur der Ursprung höher liegt, als alle Berge und Anhöhen, worüber das Wasser bis zu dem verlangten Orte geleitet werden soll. Weil die tiefer liegenden Röhren einen größern Druck erleiden (§. 146.), so müssen sie verhältnißmäßig stärker, als die höher liegenden seyn.

Bey solchen Wasserleitungen, wo das Wasser in Röhren steigen und fallen muß, sammelt sich an den höchsten Stellen Luft, durch welche der Durchfluß des Wassers geschwächt, oft auch unterbrochen wird. Deßwegen werden an diesen Stellen kleine verticale Röhren (Luftstöcke) angebracht, wodurch die gesammelte Luft entweichen kann. An den tiefen Stellen hingegen sammeln sich leicht verschiedene Unreinigkeiten, Schlamm u. dgl. Damit die Anhäufung derselben dem Wasser nicht den Weg verschließe, pflegt man bey längern Röhrenleitungen alle 30 bis 50 Klafter viereckigte Kasten anzubringen, in welchen die Unreinigkeiten sich sammeln können. Diese Kasten heißt man Wechselhäuschen.

Auch ist es klar, daß man auf diese Art Wasser quer über einen Fluß, in manchen Fällen vortheilhafter, unterhalb seines Grundbettes hindurch, und zu irgend einem Gebrauche weiter fortführen könne, als dasselbe oberhalb des Wasserspiegels in unterstützten hölzernen Kanälen hinüber zu leiten: weil jene Wasserleitung nicht der Zerstörung des anwachsenden und reissenden Strommwassers, wie diese ausgesetzt ist; vorausgesetzt jedoch, daß die Größe des Strommwassers eine solche Anlage überhaupt zuläßt, und daß bey der Anlage der unterirdischen Wasserleitung dem Unterwaschen derselben vorgebeugt wurde. Ein ähnliches Schutzmittel wider das Unterwaschen ist aus dem Durchschnitte Lit. U, Taf. VI. bey t zu ersehen.

Fig.

§. 148.

In communicirenden Röhren von gleichen Durchmessern sind ungleichartige Flüssigkeiten im Gleichgewichte, wenn sich ihre Höhen verhalten wie umgekehrt ihre specifischen Gewichte.

Vermög §. 12. verhalten sich die Massen, von verschiedenartigen Körpern, wie die Producte aus ihren Dichtigkeiten in die Kubikräume, nähmlich $M : m = DK : dk$.

Nun aber sind Körper im Gleichgewichte, wenn sie gegen einander gleiche Kräfte äußern, oder gegen einander gleich stark drücken; dieses wird geschehen, wenn ihre Gewichte oder Massen gleich sind. Setzet man daher in obiger Proportion $M = m$,

so wird auch $DK = dk$ vermög Rk. 204. II.

und sich verhalten $D : d = k : K$ = Rk. 207.

und $D : d = S : s$, vermög §. 14.

daher auch $S : s = k : K$; d. h. die specifischen Gewichte der verschiedenen Körper verhalten sich wie umgekehrt ihre Kubikräume.

Ferner verhalten sich, bey Zylindern von gleichen Durchmessern, die Kubikinhalte wie ihre Höhen, nähmlich:

$k : K = h : H$ (Geom. 204. I.),

und $S : s = k : K$ vermög Vorigen,

also auch $S : s = h : H$; d. h., bey Körpern von verschiedenen Dichtigkeiten verhalten sich die specifischen Gewichte wie umgekehrt ihre Höhen, welche sie in communicirenden Röhren von gleichen Durchmessern einnehmen.

Eben dieses Verhältniß findet Statt, wenn die Röhren verschiedene Durchmesser haben, oder eine derselben geneigt ist; im ersten Falle wird der Abgang der Masse in der engern Röhre durch die Geschwindigkeit ersetzt (§. 147. 2.), und im zweyten Falle wirkt nur die respective Schwere (§. 147. 3.)

In der Erfahrung sehen wir diesen Satz bestätigt bey mittheilenden Röhren, wovon die eine mit Queckſilber, und die andere mit Wasser gefüllt wird. Weil das erstere sehr nahe 14 Mahl so

viel wiegt, daher um eben so viel Mahl dichter ist als letzteres; so steht dieses in der Röhre beynahe auch 14 Mahl höher als jenes. Noch auffallender sieht man dieses bey dem Barometer, wo eine 28 Zoll hohe Queckſilberſäule mit der unermeßlichen Höhe einer Luftſäule von gleichem Durchmesser im Gleichgewichte steht. Wäre die atmosphärische Luft in ihrer ganzen Höhe von gleichförmiger Dichtigkeit, so würde man vermöge des obigen Satzes ihre Höhe genau bestimmen können. Fig.

Zweyter Abschnitt.

Von der Größe des Druckes der flüssigen Körper auf den Boden und die Seitenwände der Gefäße.

I. Von der Größe des Druckes auf den Boden.

§. 149.

Der Druck des Wassers auf den Boden des Gefäßes ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die Fläche des Bodens zur Grundfläche, und die Höhe des flüssigen Körpers zur Höhe hat.

Auch hierbey finden drey verschiedene Fälle Statt.

1.) Wenn das Gefäß durchaus gleich weit ist,

2.) wenn dasselbe oben weiter als unten, und

3.) wenn das Gefäß unten weiter als oben ist.

1.) Im ersten Falle, Fig. 55., hängt der Druck von der Schwere der ganzen flüssigen Masse, d. i., von der Summe aller auf den Boden liegenden oder lothrecht drückenden Säulen ab; also ist der Druck auf den Boden gleich dem absoluten Gewichte aller Theile der ganzen Flüssigkeit. Nun aber ist das absolute Gewicht gleich dem Kubikraume des im Gefäße eingeschlossenen flüssigen Körpers, multiplicirt mit dem wirklichen Gewichte eines Kubikschuhes der Flüssigkeit (§. 12. II. 2.); 55.

Fig. 62. Seitendrücke bey verschiedenen Wassertiefen verhalten sich, wie die Quadrate der Tiefen.

Es muß daher ein Damm, z. B. für die doppelte, 3fache, 4fache Wasserhöhe, 4 Mahl, 9 Mahl, 16 Mahl ꝛc. stärker werden. Ist nähmlich für einen 5 Fuß hohen Wasserstand die Stärke eines Dammes von 3′ hinreichend, so muß derselbe für eine Wasserhöhe von 8′, eine Stärke von $\frac{8^2 . 3}{5^2} = 7{,}7' = 7'$ 8″ erhalten; wegen der Proportion: $3 : D = 5^2 : 8^2$.

Kein Wunder, wenn Dämme bey Klausen, Teichen, Kanälen ꝛc. zerstört werden, bey deren Anlage auf eine unvorhergesehene, aber leicht ereignete Erhöhung des Wassers, auf den vergrößerten Druck nach obigem Satze keine Rücksicht genommen wurde.

Daß man bey nassem oder lockern Erdreiche, und bey Sand den Seitendruck auf eine Mauer, auf eine Holzwand u. dgl., beyläufig auf ähnliche Art schätzen kann, erhellet von selbst.

Dritter Abschnitt.

Von dem specifischen Gewichte der Körper.

§. 155.

Um die specifischen oder eigenthümlichen Gewichte verschiedener Körper zu erhalten, darf man nur ihre wirklichen Gewichte, unter gleichen Kubikräumen, vergleichen (§. 14.); so erfährt man hierdurch, welcher Körper der dichtere, und welcher der lockere ist, auch wie viel der Unterschied der Dichtigkeit beträgt. So z. B. hat von zwey gleich großen walzenförmigen Baumstücken, das eine von Eichen-, das andere von Fichtenholz, dasjenige das größte specifische Gewicht, welches (wie hier das eichene) am meisten wiegt. Die durch das Abwägen der Körper, unter gleichen Kubikräumen erhaltenen Vergleichungszahlen werden sodann in eine Tabelle wie die §. 163. ist, eingetragen, wobey das Gewicht des Vergleichungskörpers gewöhnlich = 1 angenommen wird.

§. 156.

Fig. 54.

Ist die Oberfläche des Wassers in einem Gefäße vollkommen horizontal, folglich die Flüssigkeit überall in Ruhe (§. 145.), so kann kein Wassertropfen niedersinken, man mag ihn annehmen wo man will. Denkt man sich anstatt des Wassertropfens einen größern Theil Wassers, z. B. einen Wasserwürfel k in der Wassermasse, so ruht auch dieser Wasserwürfel an der Stelle, wo er sich befindet; er sinkt weder nieder, noch steigt er in die Höhe; er muß folglich von dem ihn umgebenden Wasser mit einer Kraft gehalten werden, welche seinem eigenen Gewichte gleich ist. Denn wäre sein Gewicht größer als jene Kraft, so könnte er unmöglich in Ruhe verbleiben, er würde natürlich sinken müssen; wäre sein Gewicht geringer als die haltende Kraft, so würde er von dieser in die Höhe gehoben werden. Nun denke man sich an die Stelle des Wasserwürfels k einen gleich großen Würfel von einer andern Materie, z. B. von Holz, Stein, Metall u. dgl. Bliebe dieser Würfel, welcher jetzt genau den Raum des vorigen Wasserwürfels einnimmt, ebenfalls an der Stelle k ohne zu steigen oder zu sinken, so müßte er natürlich eben so viel wiegen als jener Wasserwürfel; er hätte daher dasselbe specifische Gewicht, als das Wasser (§. 14.). Sinkt er aber unter, so hat er ein größeres, und schwebt er auf der Wasserfläche, so daß er mit einem Theile über den Wasserspiegel noch hervorragt, so hat er ein geringeres specifisches Gewicht, als jener gleich große Wasserwürfel.

§. 157.

Ueberhaupt nimmt jeder in Wasser getauchte Körper denselben Raum ein, welchen vorher das Wasser einnahm; denn er verdrängt ja eine Quantität Wasser, die vorher denselben Raum erfüllte, welchen der eingetauchte Körper jetzt einnimmt. Bleibt er nun an jeder Stelle unter der Oberfläche des Wassers schweben, in die man ihm bringt, so muß sein Gewicht dem Gewichte der verdrängten Wassermenge gleich seyn, und das Gewicht des eingetauchten Körpers wird von dem ihn umgebenden Wasser unterstützt und getragen.

Fig. Wenn hingegen der eingetauchte Körper sinkt, so ist sein Gewicht größer, als das Gewicht des verdrängten, gleich großen Wasserkörpers, das ihn umgebende Wasser kann von dem Gewichte des eingetauchten Körpers nur so viel tragen, als das Gewicht des verdrängten Wassers beträgt. Durch den Ueberschuß des Gewichtes, um welchen der eingetauchte Körper schwerer, als der gleich große verdrängte Wasserkörper ist, sinkt jener zu Boden. So z. B. sinkt ein Kubikschuh Kupfer, welcher 495 Pfund wiegt, im Flußwasser, von welchem ein Kubikschuh sehr nahe 57 Pfund wiegt, mit einer Kraft von 495 — 57 = 438 Pf. zu Boden. Man nennt diesen Ueberschuß das respective Gewicht des eingetauchten Körpers.

Bleibt von einem eingetauchten Körper nur ein Theil unter Wasser, während der andere Theil über die Oberfläche desselben hervorragt, so ist das Gewicht eines solchen Körpers geringer, als ein gleich großer Wasserkörper. Jener Körper übt auf das Wasser nur eine solche Gewalt aus, als das Gewicht des verdrängten Wasserkörpers beträgt, dessen Raum der eingetauchte Theil des Körpers einnimmt; oder welches dasselbe ist, er wird sich nur so tief einsenken, bis der eingetauchte Theil des festen Körpers eine solche Masse des flüssigen verdrängt hat, die eben so viel, als der ganze feste Körper wiegt.

Aus diesem folgt nun allgemein: daß jeder in eine Flüssigkeit getauchte Körper von seinem Gewichte so viel verliert (d. h., von der Flüssigkeit wird so viel getragen), als der verdrängte flüssige Körper am Gewichte beträgt, dessen Raum der eingetauchte ganze Körper, oder ein Theil desselben einnimmt.

Die meisten Holzarten sind, besonders im trockenen Zustande, leichter als das Wasser, und schwimmen auf diesem, jedoch tauchen sich die harten Holzarten mehr ein als die weichen, deßwegen sind diese zum Flössen geeigneter als jene, weil man auf einem solchen von weichen Holz verfertigten Flyß noch viele Centner andere Holzwaaren, Geräthschaften, u. dgl. laden kann. Aus

dem Obigen erhellet auch, warum specifisch schwerere Körper Fig.
auf dem Wasser schwimmen können, wenn man denselben durch Ausdehnung einen größern hohlen Umfang gibt, in welchen das Wasser nicht eindringen kann, und daher leichter sind, als das Wasser unter dem nähmlichen Kubikraume. So z. B. macht man Schiffe aus Kupfer, welche auf Flüssen schwimmen, und mit vielen Waaren oder Menschen beladen werden können, obgleich das Kupfer beträchtlich schwerer als das Wasser ist (§. 163.). Je breiter und länger überdieß der Boden eines Schiffes ist, desto weniger wird sich dasselbe eintauchen, weil es auf einer größern Wassermasse aufliegt, und bey gleichen Kubikmassen die Höhe kleiner wird, wenn die Grundfläche sich mehr in die Länge und Breite ausdehnt.

Ein jedes Schiff kann so lange beladen werden, als es noch vom Hineinfließen des Wassers sicher ist, d. h., bis das Gewicht des ganzen Schiffes sammt Ladung gleich wird dem Gewichte des verdrängten Wassers.

§. 158.

Daß ein in eine Flüssigkeit getauchter fester Körper von seinem Gewichte so viel verliert, als die verdrängte flüssige Masse am Gewichte beträgt, kann man sich auf folgende Art anschaulich überzeugen.

Man nehme eine hydrostatische Wage *) (oder in deren Ermangelung eine gemeine gleicharmige Wage), hänge an das unter der kurzen Wagschale befindliche Häkchen einen massiven bleyernen Zylinder, und stelle auf diese Wagschale den hohlen messingenen Zylinder, in dessen Höhlung jener massive Zylinder genau paßt. In die andere Wagschale lege man so viel Gewicht, daß der Wagebalken in der freyen Luft genau das Gleich-

*) Sie unterscheidet sich von einer gewöhnlichen zweyarmigen Wage (Fig. 26.) durch einen höhern Grad der Empfindlichkeit. Uebrigens muß sie eine Einrichtung haben, daß man sich ihrer bedienen könne, verschiedene Körper in flüssigen Materien abzuwägen. Hierzu muß eine der Wagschalen, welche zur größern Bequemlichkeit an kürzern Schnüren hängt, mit einem Häkchen versehen seyn, an welches man die zu untertauchenden Körper vermittelst Pferdehaare aufhängt.

Fig. 63. gewicht erhält. Senkt man nun den Bleyzylinder ganz in Wasser ein, so wird die Wagschale, woran er hängt, steigen, die andere aber mit den Gewichten sinken. Der Bleyzylinder wiegt also im Wasser weniger, als in freyer Luft, d. h., er hat im Wasser einen Theil seines Gewichtes verloren, oder eigentlicher: daß Wasser trägt einen Theil vom Gewichte des Zylinders.

1.) Füllt man nun, während der Bleyzylinder in Wasser gesenkt ist, den hohlen messingenen Zylinder behuthsam mit Wasser, bis er voll ist, so stellt sich das Gleichgewicht der Wage wieder her. Denn das eine Ende des Wagebalkens, woran der Bleyzylinder und der hohle messingene Zylinder hängt, hat wieder so viel empfangen, als es vorhin verloren hatte, einen Wasserzylinder nähmlich, dessen Kubikraum des ins Wasser gesenkten Bleyzylinders vollkommen gleich ist.

2.) Nimmt man den hohlen Zylinder hinweg, und legt anstatt der Ausfüllung desselben mit Wasser, so viel Gewicht auf diejenige Wagschale, woran der in Wasser gesenkte Körper hängt (oder nimmt man aus der andern Wagschale so viel Gewicht heraus), bis der Wagebalken wieder ins Gleichgewicht gekommen ist; so wird dieses Gewicht den Gewichtsverlust des Bleyzylinders, oder, welches dasselbe ist, das Gewicht des aus der Stelle verdrängten gleich großen Wasserzylinders angeben.

3.) Weil der Gewichtsverlust eines jeden in eine Flüssigkeit getauchten Körpers dem wirklichen Gewichte der verdrängten flüssigen Masse gleich ist (§. 157.); so läßt sich aus dem bekannten Kubikinhalte des Zylinders und dem Gewichtsverluste desselben in Regenwasser, das wirkliche Gewicht eines Kubikfuß (oder Kubikzolles) Regenwasser selbst bestimmen, indem man schließt: der bekannte Kubikinhalt = k des Zylinders verhält sich zu 1 Kubikfuß (oder Kubikzoll) = K, gleichwie das gefundene Gewicht = g des Regenwassers unter dem nähmlichen Kubikinhalte zu dem Gewichte = x eines Kubikfuß (oder Kubikzolles) desselben, nähmlich es verhält sich

$k : K = g : x$, vermög §. 12. II. 2). Fig. 63.

oder $k : 1 = g : x$,

woraus $x = \frac{g}{k}$ folgt.

Ein metallener Zylinder von 1 Zoll Durchmesser und 2 Zoll Höhe enthält 1,57 K. Zoll $= \frac{1,57}{1728}$ K. Fuß; sein verlornes Gewicht im Regenwasser, welches das wirkliche Gewicht des verdrängten Flüssigen unter dem nähmlichen Kubikinhalte ist, sey = 393,4 Gran; so findet man das wirkliche Gewicht eines Kubikfuß reinen Regenwassers

$$x = 393,4 : \frac{1,57}{1728} = \frac{393,4}{7680} \cdot \frac{1728}{1,37} = 56,38 \text{ Pf.}$$

Auf diese Art läßt sich auch das eigenthümliche Gewicht einer jeden andern Flüssigkeit bestimmen, in welcher der eingetauchte feste Körper von bekanntem Kubikinhalte, ohne aufgelöst zu werden, zu Boden sinken kann.

§. 159.

Ist einmahl das eigentliche Gewicht des Wassers oder einer andern Flüssigkeit bekannt, so läßt sich sodann der Kubikinhalt eines jeden hineingetauchten, wie immer unregelmäßigen festen Körpers (wenn er vom Wasser weder aufgelöst wird, noch auch die Wassertheilchen in seine Zwischenräume merklich aufnimmt) vermittelst des zu erforschenden Gewichtes, welches ein solcher Körper im Wasser verliert, nach folgender Regel bestimmen: Der Gewichtsverlust des auszumessenden Körpers im Wasser, dividirt durch das eigenthümliche Gewicht des Wassers, gibt den gesuchten Kubikinhalt des Körpers, vermög §. 12. II. 2).

Aus eben diesem Grunde kann man auch die innere, wie immer unregelmäßige Aushöhlung eines wasserhaltenden Gefäßes im Kubikmaße angeben, wenn man zuerst das leere, und hierauf das mit Wasser gefüllte Gefäß wiegt, ersteres Gewicht vom letzteren abzieht, um das Gewicht des Wassers zu erhalten, welches die auszumessende Aushöhlung genau ausfüllet. (Wenn das Wasser in beträchtlicher Menge erforderlich wäre, so kann

Fig. 63.

man selbes abgießen, und theilsweise abwägen, oder das vorher theilweise genau gewogene Wasser in die auszumessende Höhlung gießen.) Der gesuchte Kubikinhalt ergibt sich nachher, wenn man das gefundene absolute Gewicht des Wassers durch sein eigenthümliches dividirt (§. 12. II. 2.).

§. 160.

Nachdem einmahl das eigenthümliche Gewicht des Regenwassers richtig gefunden worden ist, so können die eigenthümlichen Gewichte anderer sowohl fester als flüssiger Massen auf folgende Art sehr leicht bestimmt werden, die zu untersuchenden Körper mögen schwerer oder leichter als Wasser seyn.

1.) Man wäge ein Stück eines festen Körpers von gleichförmiger Dichtigkeit (§. 6.), dessen specifisches Gewicht gesucht wird, erst in freyer Luft, um sein absolutes Gewicht zu erhalten.

2.) Hierauf bestimme man vermög §. 253. 2) seinen Gewichtsverlust in Wasser.

3.) Durch diesen Gewichtsverlust dividire man jenes absolute Gewicht, so gibt der Quotient das gesuchte specifische Gewicht des Körpers.

Denn vermög §. 14. verhalten sich die specifischen Gewichte der Körper wie ihre wirklichen. Nun aber ist das verlorne Gewicht des festen Körpers in Regenwasser nichts anders, als das wirkliche Gewicht des verdrängten Wassers vermög §. 158. unter 1.); bezeichnet man demnach das specifische Gewicht des Regenwassers mit s, welches gewöhnlich = 1 angenommen wird, und sein wirkliches Gewicht, welches dem verlornen Gewichte des Körpers im Wasser gleich ist, mit g, das specifische Gewicht des festen Körpers mit S, und sein wirkliches Gewicht mit G, so verhält sich

$$s : S = g : G,$$

oder

$$1 : S = g : G;$$

woraus endlich

$$S = \frac{G}{g}$$

gefunden wird.

§. 161.

Fig. 63.

Soll von einem Körper, der leichter als Wasser ist, z. B. Holz, oder von mehreren kleinen Körperchen, als: von Samenkörnern, Erden, u. dgl. (auch vom Queckſilber) das ſpecifiſche Gewicht geſucht werden, ſo hänge man

1) an die eine Wagſchale einen Hülfskörper*), tauche ſolchen in das darunter geſtellte Regenwaſſer gehörig ein, und bringe ihn mit einem beliebigen Gegengewichte auf der andern Wagſchale (z. B. mit Bleyſchrotte oder klarem Sande) ins Gleichgewicht.

2) Hierauf lege man den zu unterſuchenden feſten Körper**) auf diejenige Wagſchale, von welcher der Hülfskörper

*) Dieſer Hülfskörper muß, für zu unterſuchende feſte Körper von ſehr geringem ſpecifiſchen Gewichte, von beträchtlich ſchwerer Materie, z. B. von Bley ſeyn, an welchem eine Vorrichtung von ſchwachem Eiſendrath angebracht iſt, damit die leichten Körper mit demſelben verbunden werden können. Für ſehr kleine Körperchen, als: Samenkörner, Erden ꝛc., iſt das bey einer hydroſtatiſchen Wage vorhandene Eimerchen (Lit. d) von Glas oder dünnem Meſſingblech als Hülfskörper ſehr bequem, welches oben mit einem durchbrochenen Deckel verſchloſſen wird, damit die hineingelegten Körper leichterer Art im Waſſer nicht emporſteigen können. Sollen die zu unterſuchenden feſten Körper ſo gering ſeyn, daß ſie auch ſammt dem gläſernen Eimer nicht untergehen könnten, ſo darf man letzteren nur mit einigen Bleyſchrotten oder etwas Queckſilber gleich anfänglich beſchweren. In Ermangelung eines ſolchen Eimerchens dient auch ein gewöhnliches Trinkglas, welches oben anſtatt des durchbrochenen Deckels mit Fäden verſchloſſen werden kann. Auch feſte Körper ſchwererer Art, und auch Queckſilber laſſen ſich vermittelſt eines ſolchen gläſernen Hülfskörpers ſehr bequem unterſuchen.

**) Für ſehr kleine getheilte Körper, als z. B. Erden, ſehr kleine Samen u. dgl. lege man gleich anfänglich auf diejenige Wagſchale, woran der Hülfskörper hängt, eine Papiertüte, und bringe dieſe nebſt dem Hülfskörper unter 1) ins Gleichgewicht, gebe ſodann den abzuwiegenden Körper in dieſe Tüte und ſodann in das Eimerchen, das Papier aber wieder auf die nähmliche Wagſchale.

Fig. 63. in das Wasser hinab hängt, und bringe die andere Wagschale mittelst Auflegung der erforderlichen Theile eines Gewichtseinsatzes mit demselben ins Gleichgewicht: so zeigen diese Gewichtstheile das absolute Gewicht des zu untersuchenden Körpers an.

3.) Nun bringe man den zu untersuchenden Körper von der Wagschale weg, verbinde ihn mit dem eingetauchten Hülfskörper, d. i., man gebe denselben in das Eimerchen d, versenke beyde wieder durch die darin befindliche Vorrichtung Lit. d, und lege auf eben diese Wagschale so viele Theile des Gewichtseinsatzes, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist; so sind diese Theile der gesuchte Gewichtsverlust des zu untersuchenden Körpers, oder das Gewicht des verdrängten Wassers.

4.) Das absolute Gewicht des Körpers, durch seinen Gewichtsverlust im Wasser dividirt, gibt wieder das gesuchte specifische Gewicht desselben.

Es sey z. B. das wirkliche Gewicht eines Stück Lindenholzes = 434 Gran, und sein Gewichtsverlust im Wasser = 844 Gran, so ist das specifische Gewicht dieses Holzes = $\frac{434}{844}$ = 0,513 *).

§. 162.

Da jeder in eine Flüssigkeit getauchte Körper immer so viel von seinem Gewichte verliert, als die verdrängte flüssige Masse wiegt (§. 158.); so ist es wohl natürlich, daß jeder feste Körper in einer specifisch schwereren Flüssigkeit, welche durch ihre größere Dichtigkeit einen stärker tragenden Widerstand besitzt, mehr an Gewicht verlieren muß, als in einer leichtern, in welcher der eingetauchte Körper weniger Widerstand findet **).

*) Bey Holz, und überhaupt bey solchen Körpern, welche nicht gleichförmig dicht sind (§. 6.), muß man aus den Resultaten mehrerer abgewogenen Stücken, das arithmetische Mittel nehmen.

**) Hieraus läßt sich erklären, warum man bey Schnee- und Regenwasser, welches sehr viele fremde Theile in sich aufgelöst

Senkt man daher einen festen Körper (etwa ein massives Stück Glas, die sogenannte Glasperle, an Roßhaar*) gebunden), welchen man vorher an der Wage ins Gleichgewicht gebracht hat, zuerst z. B. in süßes Wasser, und nachher in Salzwasser (oder in eine andere Flüssigkeit ein); so bestimmen die beyden Gewichtsverluste, in den verschiedenartigen Flüssigkeiten das Verhältniß des specifischen Gewichts des Wassers zu dem specifischen Gewichte der andern Flüssigkeit. Fig. 63.

Der Grund hiervon ist ebenfalls wieder in dem unter §. 160. Gesagten enthalten; denn die verlorenen Gewichte des Glaskörpers in den beyden Flüssigkeiten sind die wirklichen Gewichte dieser Flüssigkeiten.

Setzt man den Gewichtsverlust des Glaskörpers im Wasser = g, und in der andern Flüssigkeit = G, das specifische Gewicht des Wassers = s, und jenes der andern Flüssigkeit = S; so verhält sich $s : S = g : G$.

oder $1 : S = g : G$.

woraus $S = \frac{G}{g}$ gefunden wird, d. h., man erhält das specifische Gewicht eines flüssigen Körpers, wenn man das Gewicht, welches der Glaskörper in ihr verliert, durch den Gewichtsverlust desselben Körpers im Regenwasser dividirt.

Betrüge z. B. der Gewichtsverlust der Glasperle im Regenwasser 123,4, und im österr. Landweine 123,3 Gran, so wäre das specifische Gewicht dieses Weines $\frac{123,3}{123,4} = 0,999$.

---

mitführet, grünes Holz schwemmen kann, bey klarem Flußwasser aber nicht,

*) Man wählet Glas und Pferdehaar, weil ersteres auch von den schärfesten Flüssigkeiten, als: Vitriolöhl, Scheidewasser, u. dgl. nicht merklich angegriffen wird, und letzteres mit dem Regenwasser sehr nahe gleiches specifisches Gewicht hat.

Fig. 63. Wäre der Gewichtsverluſt des Glaſes im gewöhnlichen Flußwaſſer 124,7 Gran, ſo betrüge das ſpecifiſche Gewicht des Flußwaſſers $\frac{124,7}{123,4} = 1,01$.

§. 163.

Auf dieſe Art ſind von mehreren Naturforſchern, als: von Muſſchenbroeck, Silingen, Kirwan, vorzüglich aber von Briſſon, die ſpecifiſchen Gewichte von ſehr vielen Körpern wirklich beſtimmt, und die Reſultate durch Dezimalbrüche ausgedrückt in Tafeln geordnet worden. Folgende Tafel enthält nur die ſpecifiſchen Gewichte von einigen der vorzüglichſten, theils feſten, theils flüſſigen Körper, wobey das ſpecifiſche Gewicht des Regenwaſſers = 1 = 1,000 angenommen iſt.

Flüſſige Körper:

Athmoſphäriſche Luft	0,0012	Königswaſſer . . .	1,284
Baumöhl . . .	0,915	Kuhmilch	1,031
Bier, gemeines . .	1,035	Leinöhl	0,932
Burgunder Wein .	0,991	Meerwaſſer . . .	1,030
Brunnenwaſſer . .	0,999	Menſchenblut . .	1,040
Champagner Wein,		Molken oder Käſewaſſer	1,016
weißer	0,962	Oxigengas . . .	0,00135
rother	1,018	Oeſterr. Landweine .	0,999
Deſtill. Waſſer . .	0,993	Queckſilber, deutſches	14,000
Eis	0,916	= = engliſches	13,568
Flußwaſſer, gewöhnliches	1,010	Regenwaſſer . . .	1,000
= = trübes, von Regen oder geſchmolzenen Schnee zum Holzſchwemmen . . .	1,091	Salpetergeiſt, gemeiner	1,315
		Scheidewaſſer . . .	1,300
		Steinöhl	0,703
Hydrogengas (brennbare Luft)	0,000099	Terpentin, gemeiner	0,991
		Terpentinöhl . . .	0,889
Kochſalzgeiſt . . .	1,130	Weineſſig	1,011
		Weingeiſt, rectific. .	0,870

Holzarten in grünem, halb trockenem und ganz dürrem Zuſtande.

Acacie, grün . . .	1,062	Ahorn, grün . . .	1,062
= halb trocken	0,884	= halb trocken	0,885
= ganz dürr .	0,761	= ganz dürr .	0,770

Birken, grün . . .	1,044	Linden, grün . . .	0,956	Fig.
= halb trocken	0,886	= halb trocken	0,708	
= ganz dürr .	0,726	= ganz dürr	0,513	
Buchen	1,151	Pappeln	0,885	
	0,885		0,673	
	0,690		0,460	
Elzbeer	1,009	Stiel-Eiche . . .	1,221	
	0,849		1,027	
	0,690		0,796	
Erlen	0,991	Tannen	1,044	
	0,761		0,849	
	0,531		0,637	
Eschen	1,062			
	0,884	Trauben-Eichen . .	1,257	
	0,752		1,062	
Fichten	1,003		0,832	
	0,778			
	0,548	Ulmen (Rüster) . .	1,097	
Hornbaum (Hainbuche)	1,097		0,883	
	0,991		0,637	
	0,903			
Kiefern (Föhre) . .	1,062	Weiden	1,150	
	0,849		0,814	
	0,637		0,566	
Lerchen	1,079	Zerr-Eichen . . .	1,248	
	0,814		1,054	
	0,566		0,821	

Holzarten in ganz dürrem Zustande.

Apfelbaum . . .	0,793	Haselnußholz . . .	0,600
Birnbaum . . .	0,661	Holzkohle, im Durch-	
Buchsbaum, franzöſ.	0,921	schnitt	0,300
= holländiſches	1,328	Kirſchbaum . . .	0,715
Cedernholz, aus Paleſt.	0,613	Kork- oder Pantoffelh.	0,241
Cytronenholz . . .	0,726	Mahagonyholz . .	1,063
Cypreſſenholz, ſpaniſch.	0,644	Maulbeerholz . .	0,897
Ebenholz, aus Amerika	1,331	Nußbaum	0,671
= = Indien	1,209	Sandelholz, weißes	1,141
Eybenholz, aus Holland	0,780	rothes .	1,128
= = Spanien	0,807	gelbes .	0,809
Guayaholz (Lignum		Steinkohle . . .	1,240
Sanctum)	1,104	Zwetſchkenbaum . .	0,785

Fig.

Metalle.

Bley, deutsches	11,310	Messing, gegossen	8,396
= englisches	11,325	= gehämmert	8,444
Bleykalk	8,940	Platina, rohe	15,602
Bleyweiß	3,156	= reine	22,069
Eisen, gegossenes	7,207	Silber, gegossen	10,474
= geschmidetes	7,788	= gehämmert	10,510
Gold, reines gegossen	19,258	Stahl	7,835
= gehämmert	19,362	Wismuth	9,822
= zu Ducaten	18,261	Zink	7,350
Kupfer, japanisches	9,000	Zinn, reines	7,520
= schwedisches	8,784	= englisches	7,295
= ungarisch. cement	5,771	Zinnober, künstlicher	8,200
		= natürl. aus Tyroll	7,300

Steine.

Alabaster	1,872	Kochsalz, gemeines	2,125
Bimsstein	0,914	= reines	1,918
Bausandstein	1,933	Kreide	2,225
Chrystalglas, weißes	2,892	Magnet	4,585
Dachschiefer	2,853	Marmor, schwarz italie.	2,704
Demant	3,517	= weißer italien.	2,707
Gartenerde, gute	1,630	Mühlstein	2,480
Glas, grünes	3,620	Sand, gemeiner	2,631
Glas, weißes englisches	3,150	Sandstein	2,085
Granat, böhm.	4,360	Töpferthon	2,080
Granit	2,956	Walderde, gute	1,701
Jaspis	2,766	Wetzstein	1,666
Kalk, ungelöschter	2,720	Wiener Porzellan	2,130
Kieselstein, gemeiner	2,542	Ziegelstein	2,006

Harze und Salze.

Alaun	1,714	Schwefel, gediegener	2,033
Bernstein	1,065	= geschmolzener	1,990
Eisenvitriol	1,880	Steinsalz	2,143
Harz, gemeines	1,836	Wachs, weißes	0,969
Salpeter	1,980	Weinstein, roher	1,849

Der Gebrauch dieser Tafel ist folgender: Fig.

Es sey das specifische Gewicht des Vergleichungskörpers, hier des Regenwassers, allgemein = s = 1, und sein wirkliches Gewicht = g, das specifische Gewicht eines in der Tafel enthaltenen Körpers = S, und sein zu suchendes wirkliches Gewicht = x; so verhält sich vermög §. 13. und 14., und der hier fest gesetzten Bezeichnung und Benennung

s : S = g : x, oder 1 : S = g : x, und hieraus ist

x = S.g, d. h., man findet das wirkliche Gewicht Eines Kubikschuhes eines Körpers, wenn man sein in der obigen Tafel enthaltenes specifisches Gewicht mit dem wirklichen Gewichte des Regenwassers = g = 56,38 = 56 ⅜ Pf. multiplicirt.

Wäre z. B. das wirkliche Gewicht eines Kubikschuhes halb trockenen Buchenholzes zu bestimmen, so ist dasselbe = 0,885.56,38 = 49,89 Pfund.

§. 164.

Da vermög §. 162. ein fester Körper in verschiedenartigen Flüssigkeiten sich ungleich tief, in der leichtern nähmlich tiefer als in der schwerern eintaucht, also auch so viel Mahl mehr Flüssigkeit verdrängt, als er sich tiefer einsenkt, und da die verdrängten flüssigen Massen das Verhältniß ihrer specifischen Gewichte anzeigen (§. 160.); so verhalten sich die specifischen Gewichte verschiedenartiger Flüssigkeiten, wie umgekehrt die eingetauchten Theile eines und desselben festen Körpers.

Hierauf gründet sich die Eintheilung und Anwendung der Aräometer oder hydrostatischen Senkwagen, welche nach ihren verschiedenen Gebrauche, Wein-, Bier-, Brandwein-, Milchproben, Laugenwagen, Sool- oder Salzwagen heißen. Diese Werkzeuge sind hohle leichte Körper von Glas oder Metall, welche durch eingelegte Gewichte bis auf eine gewisse Tiefe in den Flüssigkeiten sich einsenken, und entweder bey einerley Gewichte durch die Größe

Fig. ihres eingesenkten Theiles, oder, wenn dieser unveränderlich bleibt, durch die Größe ihres absoluten Gewichtes die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten anzeigen (§. 15. und 155.). Jene heißt man Aräometer mit Gradeleitern oder mit Scalen, und diese werden Aräometer mit Gewichten genannt.

Ein Aräometer mit einer Scale besteht aus einem hohlen
64. Glas- oder Metall-Körper von der Gestalt (Fig. 64.). Die untere Kugel a wird mit Bleyschrott so weit gefüllt (und dieselben mit Baumwolle oder gestoßenem Sigellack, welchen man sodann durch sanfte Wärme zerfließen läßt, vom Herausrollen bey n versichert), daß sich der ganze Körper in Regenwasser von einer bestimmten Wärme (etwa von 15 Grad Reaumür) bis an einen gewissen Punct o der Röhre untertaucht.

Bringt man nun das Instrument in eine andere Flüssigkeit, z. B. in sehr guten Brantwein, von derselben Temperatur, welche das Wasser hatte, und es senkt sich in dieser Flüssigkeit tiefer, als im Wasser, etwa bis zu dem Punct 12 ein; so schließt man daraus, daß jene specifisch leichter als Wasser sey.

Theilt man den Raum von o bis 12 in eine beliebige Anzahl gleiche Theile, z. B. in zwölf, so kann man mit diesem Instrumente die relative Güte eines andern Brantweines vergleichen. Senkt sich dasselbe etwa nur bis zu dem Puncte 10 ein, so sagt man: dieser Brantwein habe nur 10 Grade, und ist also um 2 Grade schlechter als der vorige.

Hat sich das Aräometer in Regenwasser etwa bis zu dem Puncte r, und in einer andern Flüssigkeit, z. B. in sehr guter, zum Abdampfen geeigneter Potaschen- oder Salpeterlauge, Salzsohle, u. dgl. nur bis 15 eingesenkt, so kann man die relative Güte einer andern gleichartigen Lauge damit untersuchen. In diesem Falle muß aber der Punct r mit Null bezeichnet, und die Zahlen von oben herab in ihrer Ordnung gesetzt werden. Senkt sich ein solches Instrument in einer andern Potaschenlauge z. B. bis 5 ein, so ist diese Lauge um 10 Grad schlechter als die vo-

rige, (wenn der Raum von r bis 15 in fünfzehn gleiche Theile getheilt wurde), und also zum Versieden noch nicht geeignet. Auf ähnliche Art kann man sich Senkwagen für andere Flüssigkeiten leicht verfertigen. Fig. 64.

§. 165.

Zum technischen Gebrauche richtet man sich die Senkwagen gewöhnlich so ein, daß sie im Gewichte mit ziemlicher Zuverläßigkeit angeben. Will man z. B. durch ein solches Instrument erfahren, wie viel Pfund Potasche jeder Eimer einer vorhandenen, zum Versieden geeigneten Lauge enthalte, so verfertigt man dasselbe auf folgende Art: Man nehme eine gläserne Röhre von der Gestalt Fig. 64., gebe in die untere Kugel a so viele Bleyschrotte, daß sich die Röhre c m bis zu dem Punct m in Regenwasser einsenke, und verstopfe die Oeffnung der Kugel bey n auf obige Art (§. 164.), oder mit elastischem Gumi. In die Röhre m c gebe man einen Streifen Papier von der Größe, wie derjenige seyn muß, auf welchem nachher die Scale gezeichnet wird, verstopfe auch die obere Oeffnung der Röhre bey m mit elastischem Gumi einstweilen nur ganz leicht, und bestimme nun genau den Nullpunct, d. i. denjenigen, bis zu welchem die Röhre sich einsenkt, mit einem gefärbten Seidenfaden, der nach Erforderniß so lange auf- oder abwärts geschoben werden muß, bis dadurch der Nullpunct genau bezeichnet wird. Hierauf löset man in 1 Eimer Wasser 1 Pfund Potasche, in einem andern Eimer 2 Pfund, u. s. w. auf. Da aber die Laugen nach Pfunden und Eimern zu kostspielig und umständlich würden, so behandelt man sie im Kleinen, und zwar: weil das Quintel der 128te Theil vom Pfund ist, so verfertigt man sich verschiedene Laugen, die immer auch den 128ten Theil vom Eimer, nähmlich $\frac{40}{128} = \frac{5}{16}$ Seitel betragen.

Zu diesem Ende löset man nach und nach 5, 10, 15, 20; oder 10, 20 Quintel (wenn man ein 20grädiges Aräometer haben will), in 1 Seitel Wasser auf, und gießet dann so viel Wasser noch hinzu, bis die Auflösung jedes Mahl genau $\frac{1}{2}$ Seitel

Fig. beträgt. Nun senkt man das Instrument nach und nach in diese verschiedenen Laugen ein, und bemerkt die jedesmahlige Einsenkung desselben auf obige Art mit einem gefärbten Seidenfaden; so ist das Aräometer im ersten Falle von 5 zu 5, und im zweyten von 10 zu 10 Grade eingetheilt, welche nun auf einen Papierstreifen, von einem und demselben Puncte aus, genau übertragen, und die einzelnen Grade durch die gleiche Theilung einer jeden Zwischenlänge bestimmt werden.

Ist die Röhre c m genau zylinderisch, so darf man nur den Nullpunct und den Punct von 20 Graden bestimmen, diese Zwischenlänge in 20 gleiche Theile theilen, und die Grade etwa von 5 zu 5 von oben herab nach der Ordnung beschreiben.

Der Papierstreifen, worauf diese Scale gezeichnet ist, wird in die Röhre so tief hinein geschoben, daß die zwey äußersten Puncte auf dem Papier und der Röhre genau über einander passen, endlich wird die obere Oeffnung der Röhre mit dem schon vorgerichteten Stöpsel fest verschlossen.

Eine so eingerichtete Senkwage zeigt bey dem Gebrauche durch den Punct, bis zu welchem sie sich einsenkt, immer an, wie viel Pfund Potasche 1 Eimer Lauge enthält. Daß man auf ähnliche Art für den Gebrauch bey dem Salpeter- und Salzsieden u. dgl. derley Instrumente sich leicht verfertigen kann, ist für sich klar.

§. 166.

64. Wenn man die Senkwage von Glas oder dünnen Messingblech so einrichtet, daß sie ungefähr eine birnförmige Gestalt hat, wie der punctirte Durchschnitt Fig. 64. zeigt, auf welcher ein etwa 1 Linie dicker Hals 8 m, und am obern Ende desselben bey m die Form eines kleinen Tellers oder einer Schale befestiget ist, um kleine Gewichte, oder den abzuwägenden Körper darauf zu legen, unten aber an einem Häckchen das Eimerchen d als Hülfskörper mit den zum Gleichgewicht nöthigen Bleyschrotten angehängt werden kann; so läßt sich vermittelst einer solchen Senkwage, sowohl das absolute, als auch das

specifische Gewicht der festen und auch der flüssigen Körper in Hinsicht auf eine beliebige Flüssigkeit bestimmen. Da jedoch diese Bestimmung bey weitem nicht die genauen Resultate verschaft, wie die im §. 160. bis 162. gezeigte Methode, selbst, wenn man in Ermangelung einer ordentlichen hydrostatischen Wage, sich einer gewöhnlichen Schalwage (Fig. 26.) bedienen müßte; so wollen wir nicht länger dabey verweilen, sondern verweisen die Leser auf Hrn. Professors Neumann Lehrbuch der Physik, wo dieses Werkzeug und auch das Verfahren mit demselben genau beschrieben ist. Fig.

§. 167.

Aufgabe. Es sey das Gewicht und das Volum eines schweren flüssigen Körpers gegeben, man soll das Gewicht, oder die Kraft finden, welche nothwendig ist, um den festen Körper unter der Oberfläche der Flüssigkeit schwebend zu erhalten.

Auflösung. Man suche das Gewicht des flüssigen Körpers, der mit dem festen ein gleiches Volum hat; dann ziehe man das Gewicht des festen Körpers von dem Gewichte des flüssigen unter gleichem Volum mit dem festen ab; so ist der Rest gleich der Kraft, welche den specifisch leichtern Körper innerhalb des specifisch schwereren flüssigen Körpers schwebend erhält. Denn wenn der feste Körper eine mit dem flüssigen gleiche specifische Schwere hätte, so würde er auch unter der Oberfläche des flüssigen unbewegt bleiben. Wird aber dasjenige Gewicht hinzugesetzt, um welches derselbe vom flüssigen Körper unter dem nähmlichen Kubikraume verschieden ist, so bekommt er die nähmliche specifische Schwere; folglich wird auch er von dieser Kraft unter der Oberfläche der Flüssigkeit unbewegt erhalten (§. 157.).

Es sey das Gewicht eines Stück Holzes = 100 Pf., das Volum sey = 8 Kubikschuh, so ist das Gewicht des Wassers von 8 Kubikschuhen = 57 . 8 = 456 Pfund; folglich muß die Kraft, welche den versenkten Körper unter der Oberfläche des Wassers schwebend erhält, gleich seyn 456 — 100 = 356 Pfund.

Fig. Hierauf beruht die Methode, versunkene Körper zu erheben und von dem Grunde auf die Oberfläche des Wassers zu bringen: oder gestrandete Schiffe wieder flott zu machen.

Man nimmt nähmlich im ersten Falle ein weites leeres Gefäß, dessen Volum mit dem Kubikraum des versunkenen Körpers zusammen genommen so groß ist, daß ein gleiches Volum vom Wasser mehr wiegt, als das leere Gefäß sammt dem versenkten Körper. Ferner wird das Gefäß, damit es untersinke, mit einer schweren Materie gefüllt. Wird nun dasselbe mit dem versenkten Körper verbunden, und von der schwereren Materie entleert (welches öfters durch bloßes Umstürzen des Gefäßes geschehen kann); so muß es in die Höhe steigen, und den versunkenen Körper mit sich in die Höhe reißen.

Im zweyten Falle werden zu beyden Seiten des gestrandeten Schiffes kleinere leere Schiffchen mit Wasser so voll gefüllt, daß sie nur vom gänzlichen Untersinken sicher sind, diese ins Wasser getauchten Schiffchen mit jenem auf irgend eine Art fest verbunden, und nun von ihrem Wasser entleert. Dadurch ist die Grundfläche des gestrandeten Schiffes vergrößert worden, und wenn sie für die gesenkte Last hinreichend ist, so kann das Schiff flott gemacht werden (§. 157. Zusatz).

Fünftes Hauptstück.

Von der Bewegung der flüssigen Körper, vorzüglich des Wassers, oder von der Hydraulik.

Erster Abschnitt.

Ausfluß des Wassers durch Oeffnungen im Boden oder in der Wand eines Gefäßes.

§. 168.

Von der Hydraulik, welche von der Bewegung der flüssigen Körper handelt, sollen hier nur die nothwendigsten Grundlehren angeführt werden, um einige täglich in die Augen fallende mechanische Wirkungen des Wassers erklären zu können. Fig.

§. 169.

Damit durch einen flüssigen Körper eine mechanische Wirkung hervor gebracht werde, so muß derselbe entweder mit seinem Gewichte allein, oder vermittelst seiner Masse und einer derselben beygebrachten Geschwindigkeit, d. i., durch das Moment der Bewegung auf einen andern Körper wirken. Um das Moment der Kraft oder der Bewegung zu untersuchen, pflegt man wieder, der Einfachheit wegen, entweder cylindrische oder prismatische Gefäße zu nehmen, welche mit Wasser gefüllt werden, und entweder am Boden oder an der Seite mit Hahnen versehen sind, damit der flüssige Körper bey Eröffnung derselben ungehindert ausfließen kann; wie dieser nach eröffnetem Hahne vermöge seiner Schwere ausfließt, so gibt er ein Mittel an die Hand, die ausfließende Masse, als auch dersel-

Fig. den Geschwindigkeit, folglich das Moment und die wirkende Kraft zu bestimmen.

§. 170.

Wenn sich im Boden eines Wasserbehälters eine Oeffnung
65. m n befindet, so nennt man die lothrechte Entfernung m r der Oeffnung vom Wasserspiegel die Druckhöhe. Ist die Oeffnung in irgend einer Wand, und die Entfernung des Schwerpunctes c einer solchen Oeffnung vom Wasserspiegel beträchtlich größer, als die Höhe a b der Oeffnung; so nennt man diese Entfernung c d des Schwerpunctes von dem Wasserspiegel auch noch die Druckhöhe einer solchen Oeffnung. Sie ist gleichsam die mittlere Druckhöhe, weil die Wassertheile oberhalb des Schwerpunctes eine kleinere, die unter demselben aber eine größere Druckhöhe haben. Die Entfernung des untersten Randes a einer solchen Wandöffnung von dem Wasserspiegel, also a d heißt man den Wasserstand.

Die Geschwindigkeit des Wassers heißt der in einer Zeit-Einheit, gewöhnlich in Einer Secunde, gleichförmig durchlaufbare Weg desselben.

Unter Geschwindigkeitshöhe begreift man hier eben so, wie in der Mechanik (§. 31.) diejenige Höhe, von welcher ein schwerer Körper frey herabfallen müßte, um dadurch eine verlangte Geschwindigkeit zu erhalten. Aus einer bekannten Geschwindigkeitshöhe $= h$, läßt sich die dazu gehörige Geschwindigkeit $= g$ sehr leicht berechnen, und so umgekehrt. Nähmlich für die bekannte Beschleunigung der Schwere $15\frac{1}{2}$ Wiener Schuh $= b$ ist

$g = \sqrt{4bh}$; und $h = \frac{g^2}{4b}$ vermög §. 33. in 2) und 5).

Die Wassermenge oder die ausfließende Masse heißt der kubische Inhalt des in einer Zeit-Einheit, gewöhnlich in Einer Secunde, durch eine Oeffnung, oder sonst durch einen Querdurchschnitt abfließenden Wassers. Die Wassermenge wird gewöhnlich in Kubikschuhen oder Kubikzollen, zuweilen

auch im Gewichte, oder in einem andern bekannten Maße angegeben, wodurch der Kubikinhalt sich bestimmen läßt. Fig. 65.

§. 171.

Wenn nun bey einem, aus irgend einer Oeffnung gleichförmig ausfließenden Wasserstrahles die Geschwindigkeit des Wassers, oder die Länge des in Einer Secunde zurückgelegten Weges = G Schuhe, und der Querdurchschnitt des Wasserstrahles = F Quadratschuhe ist; so ist die Wassermenge = F.G. Es fließt nähmlich durch die Oeffnung in einer Secunde ein Wasserprisma aus, welches F Quadratschuhe zur Grundfläche, und G Schuhe zur Höhe oder Länge hat.

Eben so ist bey einem in seinem Bette durch einen Querdurchschnitt = F mit der Geschwindigkeit = G gleichförmig fortströmenden Flusse die Wassermenge M = F.G.

Nach diesen Erklärungen und den bereits vorausgeschickten hydrostatischen Gründen bleibt uns in der Hydraulik noch zu vergleichen übrig:

1.) Die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers.
2.) Die ausfließende Wassermenge.
3.) Die hierzu erforderliche Zeit.

I. Von der Bestimmung der Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers bey beständig vollen Gefäßen.

§. 172.

Die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus einer kleinen Oeffnung eines Gefäßes ausfließt, hat die Druckhöhe der Oeffnung zu ihrer Geschwindigkeitshöhe, und sie ist gleich der Quadratwurzel aus dem Producte der 4fachen Beschleunigung der Schwere, multiplicirt mit der Geschwindigkeitshöhe; wenn nähmlich die Druckhöhe mr = h, die bekannte Beschleunigung der Schwere $15\frac{1}{2}$ W. Sch. = b, und die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers an der Oeffnungsfläche = g gesetzt wird; so ist $g = \sqrt{4bh}$.

Fig. 65. Um dieſe Grundwahrheit der Hydraulik einzuſehen, ſey ABCD ein Gefäß mit Waſſer bis id angefüllt; im Boden ſey eine Oeffnung mn angebracht, deren Flächeninhalt gegen die übrigen Querdurchſchnitte des Gefäßes ziemlich klein ſey; die Druckhöhe mr ſey = h; ferner denke man die Waſſermaſſe in eine beliebige Anzahl gleich hohe Schichten eingetheilt: ſo wird die unterſte Waſſerſchichte mn durch den Druck der über ihr ſtehenden Waſſerſäule bey der Oeffnung eben die Geſchwindigkeit haben, als wenn dieſe Waſſerſchichte von r bis m frey gefallen wäre.

Denn die zweyte Waſſerſchichte erhält durch den Druck der über ihr liegenden erſten Schichte eine gewiſſe Geſchwindigkeit, mit welcher das Waſſer bey einer in die Wand gemachten Oeffnung ausfließen würde (§. 149. 3.). Die dritte Schichte wird von zwey über ihr liegenden Schichten gedruckt, und hierdurch würde das Waſſer mit einer doppelt ſo großen Geſchwindigkeit auslaufen, als aus der vorigen Schichte (§. 23. III.). Und ſo erhält auf eben dieſe Art die vierte und jede nachfolgende Waſſerſchichte, welche immer von der Summe der über ihr liegenden Schichten gedruckt wird, einen eben ſo großen und gleichen Zuwachs an Geſchwindigkeit, als jede der vorhergehenden Schichten, vermög §. 30. und 31., wodurch denn die unterſte Waſſerſchichte an der Ausflußöffnung eine ſolche Geſchwindigkeit erhält, als wenn ſie durch den Raum der Druckhöhe mr frey gefallen wäre; alſo hat das Waſſer bey ſeinem Ausſtrömen durch die Oeffnung die Druckhöhe mr = h zu ihrer Geſchwindigkeitshöhe.

Nun aber kann die Geſchwindigkeit g, welche ein Körper während des freyen Falles durch den Raum der Druckhöhe mr = h erlangt, durch die allgemeine Gleichung $g = \sqrt{4bh}$ ausgedrückt werden, vermög §. 33. 2.); folglich iſt die Geſchwindigkeit des ausſtrömenden Waſſers durch die Oeffnung, gleich der Quadratwurzel aus dem Producte der 4fachen Beſchleunigung der Schwere mit der Geſchwindigkeitshöhe.

Wenn die kleine Oeffnung nicht im Boden, sondern irgendwo in einer lothrechten Seitenwand angebracht ist, so bleiben die Gründe zur Bestimmung der Geschwindigkeit eben dieselben, wie oben, weil der Druck der Flüssigkeit sich nach jeder Richtung gleich verbreitet (§. 146.): nur wird der lothrecht aufsteigende Wasserstrahl mit einer abnehmenden Geschwindigkeit sich aufwärts bewegen (§. 21.). Er würde die Höhe k t des Wasserspiegels im Behälter erreichen, wenn nicht verschiedene Hindernisse entgegen wirkten, vorzüglich das Wasser selbst zu oberst am Strahle, welches nach völlig verlorner Geschwindigkeit vertical herabfallen soll, aber von dem nachfolgenden getragen werden muß, und dadurch auf die Seite getrieben wird; daher denn auch der Wasserstrahl eines Springbrunnens gleich etwas höher steiget, wenn die Springöffnung ein wenig schief seitwärts gewendet wird. Uebrigens zeigt die Erfahrung, daß der Wasserstrahl die größte Höhe erreicht, wenn er aus der Öffnung einer dünnen Metallplatte, und nicht aus einer konischen Ansatzröhre hervor kommt. Fig. 65.

§. 173.

Für eine andere Druckhöhe R m = H kann aus eben den vorigen Gründen die Geschwindigkeit G des Wassers bey der Oeffnung ausgedrückt werden durch

$$G = \sqrt{4bH}, \text{ und vermöge des Vorigen ist}$$

$$g = \sqrt{4bh}$$

also auch $G : g = \sqrt{4hH} : \sqrt{4bh}$

oder $G : g = \sqrt{H} : \sqrt{h}$; das heißt: bey verschiedenen Druckhöhen verhalten sich die Geschwindigkeiten des aus kleinen Oeffnungen ausfließenden Wassers, wie die Quadratwurzeln dieser Druckhöhen.

Fig. 65.

II. Von der Bestimmung der Wassermenge in einer bestimmten Zeit bey ungeänderten Druckhöhen, oder beständig vollen Gefäßen.

§. 174.

Die Wassermenge = m Kubikschuhe, welche in einer gegebenen Zeit, z. B. in z Sec., aus einer bestimmten kleinen Oeffnung mn = f Quadratfuß (oder Zoll) eines bey der Druckhöhe rm = h beständig voll erhaltenen Gefäßes mit der Geschwindigkeit $g = \sqrt{4bh}$ ausfließt, ist gleich dem Producte aus der Oeffnungsfläche in die Geschwindigkeit und in die Zeit; nähmlich es ist

$$m = z.f.\sqrt{4bh}.$$

Denn in jeder Secunde strömt durch die Oeffnung ein Wasserprisma aus, welches die Oeffnung = f zur Grundfläche, und die Geschwindigkeit $g = \sqrt{4bh}$ zur Höhe hat (§. 171.); es ist also:

die in 1 Sec. ausströmende Wassermenge $= 1.f.\sqrt{4bh}$
die in 2 Sec. " " $= 2\,f.\sqrt{4bh}$
die in 3 Sec. " " $= 3\,f.\sqrt{4bh}$
u. s. w.
und die in z Sec. ausström. Wassermenge $m = z.f.\sqrt{4bh}$.

§. 175.

Aus eben diesem Grunde ist für eine andere Druckhöhe mR = H, und für die dazu gehörige Geschwindigkeit $= G = \sqrt{4b.H}$, bey eben derselben Oeffnungsfläche = f und in eben derselben Zeit = z die ausgeflossene Wassermenge

$M = z.f.\sqrt{4bH}$, und vermög des Vorigen ist

$m = z.f.\sqrt{4bh}$

daher $M : m = z\,f.\sqrt{4bH} : zf.\sqrt{4bh}$, oder
oder $M : m = \sqrt{H} : \sqrt{h}$; und weil vermög §. 173.
auch $G : g = \sqrt{H} : \sqrt{h}$ Staat findet;
so ist $M : m = G : g$, nähmlich die Wassermengen in einerley Zeit, aus gleichen Ausfluß-Oeffnun-

gen, bey verschiedenen Druckhöhen, verhalten sich wie die Geschwindigkeiten, oder wie die Quadratwurzeln der Druckhöhen. Fig. 65.

§. 176.

Mit dieser Theorie stimmt jedoch die Erfahrung nicht ganz überein, weil sich der ausströmende Wasserstrahl in der Ausfluß-Oeffnung gewisser Maßen zusammenzieht; weil nähmlich die Wasserfäden, nahe an der Ausflußöffnung bey pq sich durchkreuzen, und daher im Ausfließen sich einander etwas hindern, theils wegen des Seitendruckes, welchen die gegen die Ausflußöffnung gerichtete Wassersäule, von den sie umgebenden Wasser leidet, theils wegen der schiefen Richtung, nach welcher die Wassertheilchen innerhalb der Ausflußöffnung rings herum sich gegen die Achse derselben verschiedentlich hinlenken. Um demnach die ausschließende Wassermenge mit einiger Zuverläßigkeit berechnen zu können, muß man in der §. 174. aufgestellten Gleichung $m = z.f.\sqrt{4bh}$ anstatt der Oeffnungsfläche f den Querdurchschnitt pq des zusammen gezogenen Wasserstrahles setzen.

§. 177.

Aus mehreren angestellten Versuchen hat man gefunden, daß der Querdurchschnitt pq des zusammengezogenen Wasserstrahles, zur Oeffnungsfläche mn sich verhalte, für eine Ausfluß-Oeffnung:
1.) in einer dünnen Metallplatte, wie 64 zu 100,
2.) bey einer kurzen Ansatzröhre, wie 81 zu 100;
oder daß der Querdurchmesser des zusammengezogenen Wasserstrahles sich zum Durchmesser der Ausflußöffnung verhalte:

bey einer dünnen Metallplatte, wie 8 : 10
" " kurzen Ansatzröhre, wie 9 : 10
} Geom. 139. II.

Für die Oeffnungsfläche = f in einer dünnen Metallplatte ist daher der Querdurchschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahles = 0,64.f; und bey einer kurzen Ansatzröhre, deren Län-

Fig. ge etwa den 3fachen Durchmesser der Oeffnung beträgt, ist der Querdurchschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahles $= 0{,}81 . f$.

Bezeichnet man nun den erwähnten Decimalbruch 0,64, oder 0,81 allgemein mit a, womit man nähmlich die Oeffnungsfläche multipliciren muß, um den Querdurchschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahles zu erhalten; so ist für die Oeffnungsfläche $= f$ der Querdurchschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahles $= a.f$, und sodann $m = z.a.f.\sqrt{4bh}$, wenn man $a.f$ in der §. 174. aufgestellten Gleichung anstatt f setzet.

§. 178.

Um die Zusammenziehung des Wasserstrahles durch Beobachtungen zu bestimmen, dienet die vorstehende Gleichung

$$m = z.a.f.\sqrt{4bh}, \text{ woraus}$$

$$a = \frac{m}{zf\sqrt{4bh}} \text{ folgt, wo m die wirklich erhaltene, und } z.f.\sqrt{4bh} \text{ die hypothetische Wassermenge bezeichnet, welche ohne Zusammenziehung des Wasserstrahles Statt finden würde.}$$

Man erhält also die Verhältnißzahl der Oeffnungsfläche zum Querdurchschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahles, wenn man die wirkliche Wassermenge durch die hypothetische dividirt.

Auf diese Art hat man durch vielfältige Beobachtungen bey Oeffnungen in dünnen Metallplatten $a = 0{,}64$; bey kurzen Ansatzröhren aber, so wie auch bey Oeffnungen in dicken Wänden der großen aus Mauer- oder Holzwerk verfertigten Wasserbehältern (Fig. 78. Lit. W und 79) den Coeficienten $a = 0{,}81$ gefunden.

§. 179.

Vermittelst der Gleichung $m = z.a.f.\sqrt{4bh}$ lassen sich nun verschiedene practische Aufgaben auflösen. Z. B.

1.) Ein Wasserbehälter erhält alle 5 Secunden 3 Kubikfuß Wasserzufluß. Man soll in einer Tiefe von 10 Fuß unter dem Wasserspiegel in die Wand eine kreisförmige Oeffnung

machen, aus welcher eben so viel Wasser ausfließt, als der Zufluß beträgt. Wie groß muß der Durchmesser dieser Oeffnung seyn? Um diesen zu finden, muß man aus der angeführten Gleichung die Fläche f suchen, für m = 3, z = 5, h = 10, b = 15,5 und für a = 0,81 setzen, weil hier die Oeffnung in einer dicken Wand anzubringen ist. Aus der gefundenen Oeffnungsfläche ist sodann nach geometrischen Gründen der Durchmesser des Kreises leicht zu finden, der diesen Flächeninhalt hat. Fig.

2.) Ein Wasserbehälter erhält in 16 Secunden 3 Kubikfuß Wasserzufluß. In einer seiner Wände befindet sich eine Oeffnung von 2 Q″. Man fragt, wie hoch wird der Wasserspiegel über der Mitte der Oeffnung stehen müssen, damit eben so viel Wasser abfließen kann, als zufließt?

3.) Durch eine 2 Quadratfuß große Oeffnung in einer dicken Wand eines Wasserbehälters sind bey unveränderlicher Druckhöhe von 9 Fuß, 950 Kubikfuß Wasser ausgeflossen: man fragt, wie viel Zeit hat dieser Ausfluß gedauert? u. dgl. m.

III. Von der Bestimmung der Zeit der Ausleerung lothrecht stehender prismatischer oder cylindrischer Gefäße durch kleine Oeffnungen im Boden oder in der Seitenwand.

§. 180.

Es sey ABCD ein prismatisches oder cylindrisches Gefäß; man bezeichne bey demselben die horizontale Grundfläche BC mit F, die Oeffnungsfläche mn mit f, die Höhe des Wasserstandes mr über den Schwerpunct der Oeffnung vor der Ausleerung mit h, die Zeit, in welcher sich das Gefäß bis an die Oeffnung mn ausleert, mit z, endlich den Zusammenziehungs-Coeficienten = 0,64 (oder = 0,81) mit x; so würde nach der §. 177. aufgestellten Gleichung $m = z.a.f.\sqrt{4bh}$ die Zeit der Ausleerung des Gefäßes durch $z = \frac{m}{af\sqrt{4bh}}$ bestimmt werden können, wenn der Druck des über der Oeff- 65.

Fig. 65. nung stehenden Wassers immer sich gleich verbliebe, d. i., wenn das Wasser immer mit gleicher Geschwindigkeit herausliefe. Da aber das Wasser anfänglich, wegen der größern Druckhöhe geschwinder, und bey beständiger Abnahme derselben immer schwächer und schwächer ausfließt, so muß man, um eine möglichst gleiche Geschwindigkeit in die Rechnung zu bringen, und daher die Zeit des Ausflusses möglichst nahe zu bestimmen, die mittlere oder halbe Geschwindigkeit $\frac{1}{2}\sqrt{4bh}$ in die obige Gleichung anstatt der Geschwindigkeit $\sqrt{4bh}$ setzen; folglich wird seyn $z = \frac{m}{af\frac{1}{2}\sqrt{4bh}}$.

Denn das Wasser strömt anfänglich bey der ganzen Druckhöhe $mr = h$ mit der Geschwindigkeit $\sqrt{4bh}$ aus (§. 172.), läuft aber bey der Abnahme der Druckhöhe immer langsamer und schwächer, so, daß seine Geschwindigkeit am Ende $= o$ wird. Nimmt man nun aus beyden Geschwindigkeiten die arithmetische mittlere Geschwindigkeit $g = \frac{\sqrt{4bh} + o}{2} = \frac{1}{2}\sqrt{4bh}$; so kann man die Geschwindigkeit des Wassers während der ganzen Ausflußzeit beynahe als gleichförmig ansehen, und in diesem Falle ist die in der Zeit z ausfließende Wassermenge $m = z.f.g$ (§. 171. und 172.); hieraus findet man $z = \frac{m}{f.g}$, oder $z = \frac{m}{a.f\frac{1}{2}\sqrt{4bh}}$, vermög §. 172, oder endlich $z = \frac{m}{af.\sqrt{bh}}$.

Es sey zum Beyspiel die horizontale Grundfläche $BC = F = 12\ q'$, die Oeffnungsfläche $f = 36\ q''' = \frac{1}{576}\ q'$; die Höhe des anfänglichen Wasserstandes $mr = h = 10'$; $a = 0{,}64$, und $b = 15{,}5'$; so ist

$$z = \frac{12.10}{0{,}64.\frac{1}{576}.\sqrt{15{,}5.10}} = \frac{120.576}{0{,}64.\sqrt{155}} = 8640\ \text{Sec.}$$

Dasselbe Resultat gibt die aus Gründen der höheren Mathematik aufgestellte Gleichung $z = \frac{F\sqrt{h}}{af.\sqrt{b}}$, in welcher die

Buchstaben ebenfalls die obigen Größen bezeichnen. Diese, so wie die obige Gleichung setzen jedoch voraus, daß der Wasserstrahl beständig in einerley Dicke ausläuft. Fig.

Da dieses aber gegen das Ende der Ausflußzeit nicht genau Statt findet, weil, wie man täglich beobachten kann, bey einer schon geringen Druckhöhe ein trichterförmiger Wirbel über der Oeffnung sich bildet; so muß die Zeit, in welcher sich das Gefäß ganz ausleert, nach der angeführten Berechnung etwas kleiner gefunden werden, als sie wirklich Statt findet. Indessen können sie in der Ausübung doch zur beyläufigen Berechnung der Zeit des Anfüllens und Ausleerens der Schleusenkammern, Klausen und dergleichen von gegebener Größe, mit Nutzen angewendet werden.

Weil bey der oben aufgestellten Gleichung für die gänzliche Ausleerung des Gefäßes, die mittlere Geschwindigkeit nur halb so groß ist, als die anfängliche Geschwindigkeit bey der unveränderlichen Druckhöhe, die übrigen Umstände aber sich gleich verbleiben; so braucht ein Gefäß gerade doppelt so viel Zeit, um sich ganz auszuleeren, als eine eben so große Wassermenge anszufließen gebraucht hätte, wenn die anfängliche Druckhöhe (etwa durch hinzugießen von Wasser) unverändert geblieben wäre (§. 23. III.).

§. 181.

1. Aufgabe. Es sey in einer Schleusenkammer ACDE die horizontale Linie BII der Spiegel des Unterwassers; und in dem Oberthore AB befinde sich eine Oeffnung = F. Man fragt: wie viel Zeit erfordert werde, damit sich der Raum ACDE der Kammer bis zur Höhe AE des Oberwassers anfüllet, vorausgesetzt, daß sich der Spiegel des Oberwassers immer gleich verbleibe. 66.

Auflösung. Um diese Zeit zu finden, ziehe man durch den Mittelpunct F der Oeffnung eine Horizontale FG, so wird der anzufüllende Kammerraum ACDE in zwey Theile AFGE und FCDG getheilt, von welchen man sich vorstellen kann,

Fig. 66. daß der untere Theil FCDG eben so angefüllt werde, als wenn bey unveränderlicher Druckhöhe AF die aus den Abmessungen der Schleusenkammer bekannte Wassermenge FCDG aus der Oeffnung = F frey ausströmet, wozu sich die gehörige Zeit vermittelst der Gleichung $z = \frac{m}{af.\sqrt{4bh}}$ berechnen läßt (§. 174. u. 180.). Die Zeit aber, während welcher sich der obere Theil AFGE anfüllet, wird nach der §. 180. aufgestellten Gleichung $z = \frac{m}{af\sqrt{bh}}$ bestimmt. Nimmt man endlich die für die einzelnen Theile der Schleusenkammer gefundene Zeiten zusammen, so erhält man die zur Anfüllung des Kammerraumes nöthige Zeit.

Soll endlich die Zeit berechnet werden, während welcher der Wasserspiegel AE in der Schleusenkammer ACDE um die Tiefe EH bis an den Spiegel des Unterwassers bey H herab sinkt, wenn in dem Unterthore HD das Schutzbret vor der Oeffnung = f aufgezogen, die Oeffnung F aber bey dem Oberthore geschlossen wird; so findet man für die Druckhöhe EH = h, für den Kubikinhalt der Kammer = m, und für die Oeffnungsfläche = f, die Zeit der Ausleerung des prismatischen Wasserbehälters ACDE eben so, wie im §. 180. mittelst der Gleichung $z = \frac{m}{af\sqrt{bh}}$.

2. Aufgabe. Aus dem bekannten Wasservorrathe einer zum Holzschwemmen eingerichteten Klause, aus der Oeffnungsfläche, und der Höhe des Wasserspiegels über dem Schwerpuncte der Oeffnungsfläche die Zeit zu bestimmen, binnen welcher der Wasserbehälter sich ausleeren wird.

Auflösung. Man bestimme den Kubikinhalt der vorhandenen Wassermenge (nach §. 534. pract. Geom.), er seye = m = 1624320 k′, die Ausflußöffnung f = 16 q′, und die Druckhöhe des Wassers über den Schwerpunct der Oeffnungsfläche h = 15′, der Zusammenziehungs-Coeficient a = 0,81; endlich die Beschleunigung der Schwere b = 15,5; so findet

man vermög §. 180. $z = \frac{1624320}{0{,}81 \cdot 16 \cdot \sqrt{15{,}5 : 15}} = 2\frac{1}{4}$ Stund Fig.

sehr nahe.

Zweyter Abschnitt.

Von dem Laufe der Flüsse.

§. 182.

Der Rinnsal oder die Strombahn ist der Raum, welchen das Wasser während seines Laufes beschreibt. Derselbe ist regelmäßig, wenn der eingeschlossene Raum eine regelmäßige Gestalt hat, wie bey den künstlichen Wasserleitungen; und unregelmäßig, wenn der Fluß in seinem natürlichen Laufe fortfließt; daher heißt dieser der natürliche, und jener der künstliche Rinnsal. Die untere Fläche des Rinnsales, worüber das Wasser fließt, heißt das Grundbett, Strombett oder Flußbett.

Die festen Seitenwände eines Flusses, durch welche sowohl das fließende, als auch das stehende Wasser eingeschlossen ist, wie bdeg . . . und acfh . . . heißen die scheinbaren Ufer. Das rechte Ufer eines Flusses ist dasjenige, welches dem mit dem Gesichte nach dem Laufe des Flusses sehenden Beobachters zur rechten Hand liegt, und so ist dieses von dem linken Ufer zu verstehen. 67.

Stromengen werden von zwey an beyden Ufern eines Flusses gegenüber liegenden, entweder natürlichen oder künstlich gemachten Vorsprüngen (Buhnen, Sporne genannt) gebildet, wie a und b, c und d, i und k u. dgl. Die Vertiefungen, welche etwas unterhalb nahe an den natürlichen oder künstlichen Vorsprüngen der Ufer von dem daselbst wirbelten Wasser ausgespielt werden, heißen Kolke. Diejenigen Wände, von welchen der Rinnsal, oder das fließende Wasser begränzt wird, heißen Stromgränzen; jene Wände sind bey

Fig. 67. einem unregelmäßigen Fluſſe gröſtentheils vom ſtehenden Waſſer gebildet, und werden zwiſchen zwey Stromengen a b und c d durch gerade Linien b d und a c beſtimmt.

Der Querdurchſchnitt eines Fluſſes iſt eine Vertikalfläche, welche auf die Ufer desſelben ſenkrecht iſt, und von der Oberfläche bis auf den Boden reicht. a g p in Fig. 69. kann den Querdurchſchnitt eines Fluſſes vorſtellen. Untiefen nennt man ſolche Stellen, die nur wenig mit Waſſer bedeckt ſind, wie
68. c, e, g . . . (Fig. 68.), und worüber ſchwer beladene Schiffe, wenn ſie tiefer getaucht ſind, als die Höhe des darüberſtehenden Waſſers iſt, nicht ohne Gefahr zu ſtranden, fahren können. Das Gefäll für eine gewiſſe Strecke eines Fluſſes iſt der Abſtand der Oberfläche des Waſſers vor der Waſſerpaß- oder Horizontallinie. So z. B. iſt für die Entfernung A w das Gefäll = w v.

Die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers in einem Querdurchſchnitte iſt diejenige, welche ſo groß iſt, daß, wenn alle Waſſertheilchen dieſelbe hätten, eben ſo viel Waſſer in gleicher Zeit durchfließen würde, als durchfließt, da ſie verſchiedene Geſchwindigkeiten haben: ſie iſt daher das arithmetiſche Mittel von allen Geſchwindigkeiten der Waſſertheile. Der Stromſtrich iſt die Linie der gröſten Geſchwindigkeit auf der Oberfläche des Waſſers. Die ſchlangenförmigen Biegungen eines Flußes, wie a c s t l n . . . heißt man Serpentinen. Bey ſolchen Serpentinen iſt die Geſchwindigkeit des Fluſſes an der äußern Biegung, z. B. bey s t ſtärker, als auf der innern bey r, d. h. der Stromſtrich wirft ſich immer auf jene äußere Biegung hin.

§. 183.

Das Grundbett eines Fluſſes bildet im Ganzen genommen eine ſchiefe Fläche; daher erhält das darüber fließende Waſſer eine beſchleunigte Bewegung (§. 45.), und nach der Neigung jener Fläche zum Horizont, eine verhältnißmäßige Geſchwindigkeit. Wäre nun das Grundbett eines Stromes eine ununterbrochen fortlaufende ſchiefe Ebene, ſo würde das Waſſer ſolcher

Ströme, die oft durch eine Strecke von vielen Meilen fort- Fig.
fließen (selbst bey einem nur mäßigen Gefälle) am Ende zu ei- 68.
ner solchen Geschwindigkeit, also zu einer solchen Gewalt an-
wachsen (§. 30. u. 31.), daß ihrer Wuth nichts zu widerstehen
im Stande wäre, um so weniger, wenn die Ufern derselben
auch noch geradlinig wären. Allein der weise Urheber der Na-
tur hat den Wasserbahnen eine solche Lage, Richtung und Fi-
gur angewiesen, daß das Wasser von ihrem Ursprunge an, nach
allen Richtungen der Erde bis in den großen Sammlungsplatz,
in das Meer, zwar abfließe, aber nur mit einer solchen Ge-
schwindigkeit, daß die Menschen dasselbe allenthalben verschie-
dentlich zur Verführung ihrer überflüssigen, und Herbeyhoh-
lung ihrer abgängigen Lebensbedürfnisse, wie auch zum Betrieb
verschiedener Maschinen, u. dgl. benützen können.

§. 184.

Betrachtet man den Längendurchschnitt eines Stromes, so
sieht man sogleich ein, daß das von A bis s fließende Wasser
nicht die Geschwindigkeit erhalten kann, welche ihm vermöge
seines Gefälls, des Abstandes B s, von der Wasserpaß- oder
Horizontallinie A B, in Hinsicht auf v w zukäme, weil das
Wasser von A bis c zwar eine gewisse Geschwindigkeit erhält,
aber wegen der Erhöhung des Grundbettes b c wieder einen
Theil davon verliert; folglich langsamer zu fließen gezwungen
wird. Eben dieses gilt auch bey e, g, i . . . .

Nicht minder hängt die Geschwindigkeit eines Flusses auch
von der Richtung seiner Ufer, d. i., von der Erweiterung und
Verengung, wie auch von den schlangenförmigen Krümmungen
(Serpentinen) derselben ab.

Denn es seyen a b, c d, e f . . . die Stromengen eines 67.
Flusses, so muß das Wasser bey der Stromenge a b eine größe-
re Geschwindigkeit annehmen, damit durch diese engere und
kleinere Durchschnittsfläche in einer gewissen Zeit eben so viel
Wasser abfließen kann, als durch die nächst vorhergehende wei-
tere und größere Durchschnittfläche in der nähmlichen Zeit zu-

Fig. 67. einem unregelmäßigen Fluſſe gröſtentheils vom ſtehenden Waſſer gebildet, und werden zwiſchen zwey Stromengen a b und c d durch gerade Linien b d und a c beſtimmt.

Der Querdurchſchnitt eines Fluſſes iſt eine Vertikalfläche, welche auf die Ufer desſelben ſenkrecht iſt, und von der Oberfläche bis auf den Boden reicht. a g p in Fig. 69. kann den Querdurchſchnitt eines Fluſſes vorſtellen. Untiefen nennt man ſolche Stellen, die nur wenig mit Waſſer bedeckt ſind, wie
68. c, e, g . . . (Fig. 68.), und worüber ſchwer beladene Schiffe, wenn ſie tiefer getaucht ſind, als die Höhe des darüberſtehenden Waſſers iſt, nicht ohne Gefahr zu ſtranden, fahren können. Das Gefäll für eine gewiſſe Strecke eines Fluſſes iſt der Abſtand der Oberfläche des Waſſers vor der Waſſerpaß- oder Horizontallinie. So z. B. iſt für die Entfernung A w das Gefäll = w v.

Die mittlere Geſchwindigkeit des Waſſers in einem Querdurchſchnitte iſt diejenige, welche ſo groß iſt, daß, wenn alle Waſſertheilchen dieſelbe hätten, eben ſo viel Waſſer in gleicher Zeit durchfließen würde, als durchfließt, da ſie verſchiedene Geſchwindigkeiten haben: ſie iſt daher das arithmetiſche Mittel von allen Geſchwindigkeiten der Waſſertheile. Der Stromſtrich iſt die Linie der gröſten Geſchwindigkeit auf der Oberfläche des Waſſers. Die ſchlangenförmigen Biegungen eines Flußes, wie a c s t l n . . . heißt man Serpentinen. Bey ſolchen Serpentinen iſt die Geſchwindigkeit des Fluſſes an der äußern Biegung, z. B. bey s t ſtärker, als auf der innern bey r, d. h. der Stromſtrich wirft ſich immer auf jene äußere Biegung hin.

§. 183.

Das Grundbett eines Fluſſes bildet im Ganzen genommen eine ſchiefe Fläche; daher erhält das darüber fließende Waſſer eine beſchleunigte Bewegung (§. 45.), und nach der Neigung jener Fläche zum Horizont, eine verhältnißmäßige Geſchwindigkeit. Wäre nun das Grundbett eines Stromes eine ununterbrochen fortlaufende ſchiefe Ebene, ſo würde das Waſſer ſolcher

Ströme, die oft durch eine Strecke von vielen Meilen fort- Fig.
fließen (selbst bey einem nur mäßigen Gefälle) am Ende zu ei- 68.
ner solchen Geschwindigkeit, also zu einer solchen Gewalt an-
wachsen (§. 30. u. 31.), daß ihrer Wuth nichts zu widerstehen
im Stande wäre, um so weniger, wenn die Ufern derselben
auch noch geradlinig wären. Allein der weise Urheber der Na-
tur hat den Wasserbahnen eine solche Lage, Richtung und Fi-
gur angewiesen, daß das Wasser von ihrem Ursprunge an, nach
allen Richtungen der Erde bis in den großen Sammlungsplatz,
in das Meer, zwar abfließe, aber nur mit einer solchen Ge-
schwindigkeit, daß die Menschen dasselbe allenthalben verschie-
dentlich zur Verführung ihrer überflüssigen, und Herbeyhoh-
lung ihrer abgängigen Lebensbedürfnisse, wie auch zum Betrieb
verschiedener Maschinen, u. dgl. benützen können.

§. 184.

Betrachtet man den Längendurchschnitt eines Stromes, so sieht man sogleich ein, daß das von A bis s fließende Wasser nicht die Geschwindigkeit erhalten kann, welche ihm vermöge seines Gefälls, des Abstandes B s, von der Wasserpaß- oder Horizontallinie A B, in Hinsicht auf v w zukäme, weil das Wasser von A bis c zwar eine gewisse Geschwindigkeit erhält, aber wegen der Erhöhung des Grundbettes b c wieder einen Theil davon verliert; folglich langsamer zu fließen gezwungen wird. Eben dieses gilt auch bey e, g, i . . . .

Nicht minder hängt die Geschwindigkeit eines Flusses auch von der Richtung seiner Ufer, d. i., von der Erweiterung und Verengung, wie auch von den schlangenförmigen Krümmungen (Serpentinen) derselben ab.

Denn es seyen a b, c d, e f . . . die Stromengen eines 67.
Flusses, so muß das Wasser bey der Stromenge a b eine größe-
re Geschwindigkeit annehmen, damit durch diese engere und
kleinere Durchschnittsfläche in einer gewissen Zeit eben so viel
Wasser abfließen kann, als durch die nächst vorhergehende wei-
tere und größere Durchschnittfläche in der nähmlichen Zeit zu-

Fig. 67. fließet. Ist die Stromenge c d eben so groß, als die bey a b, oder nicht sehr merklich von ihr verschieden, so richtet sich die Geschwindigkeit des Wassers zwischen diesen zwey Stromengen a b und c d bloß nach der Abweichung des Grundbettes von der Horizontallinie (§. 183.), weil in diesem Falle keine andere Ursache eine Aenderung in der Geschwindigkeit des Wassers hervorbringen kann. Bey der nächstfolgenden erweiterten Stromenge e f kann sich das fließende Wasser mehr in die Weite ausbreiten, und es wird daher seine Geschwindigkeit kleiner, dessen ungeachtet aber fließt durch die erweiterte Durchschnittsfläche e f in derselben Zeit eben so viel Wasser durch, als bey einer größern Geschwindigkeit durch den engen Querdurchschnitt c d zufließen kann. Und so ist dasselbe bey g h u. s. w. zu verstehen.

Zieht man die äußersten Puncte zweyer nebenliegenden Stromengen durch gerade Linien d e und c f zusammen, so hat man den eigentlichen sich fortbewegenden Wasserkörper bestimmt; folglich sind die durch Stromengen bestimmten Linien die eigentlichen Stromgränzen (§. 182.).

Ist aber der Strom zu irgend einer Absicht durch künstlich angebrachte Dämme (Buhnen, Sporne) bey i und k enger gemacht werden, als die Stellen g h und e f sind; so hören diese zwey Stellen auf zu den Stromengen gezählt zu werden, und es bestimmen nun die geraden d i und c k die Stromgränzen, oder den sich fortbewegenden Wasserkörper. Dadurch wird das Wasser von e f bis i k langsamer fließen, auch bey g h sich aufschwellen und also höher stehen, als vorher geschah. Dieses Aufschwellen dauert jedoch nur so lang, bis das Wasser durch seine Druckhöhe eine solche Geschwindigkeit angenommen hat, daß vermöge dieser Geschwindigkeit und der Größe der Durchschnittsfläche in einer gewissen Zeit eine eben so große Wassermenge abfließen kann, als in derselben Zeit bey a b hineinfließt (Vorausgesetzt, daß durch i k eben so viel Wasser abfließen soll, als bey a b hereinläuft.) Unterhalb i k wird es nun wieder eine kleinere Geschwindigkeit annehmen, wenn die Stromgränze sich erweitert, und das Grundbett durch ein

größeres Gefäll dieselbe etwa nicht befördert, in welchem Falle die Wasserhöhe durch das schnellere Abfließen kleiner würde. Fig. 67.

§. 185.

So wie durch das Grundbett und die Stromengen eines Flusses das fließende Wasser gehindert wird, eine fort und fort beschleunigte Bewegung anzunehmen, eben so wird dasselbe auch durch die schlangenförmigen Krümmungen (Serpentinen) der Ufer gehindert, die zunehmende Bewegung immer fort anzunehmen. So z. B. wird das Wasser in einem nach c, s, t... e, r... gekrümmten Strome einen Theil seiner Geschwindigkeit an der Uferwand bey e verlieren, mit dem Ueberreste fort gegen s eilen, dieselbe bis dahin, wegen des Falles über die schiefe Fläche wieder vermehren (in so ferne das Grundbett und die Stromenge nicht solche Hindernisse entgegen stellen, daß der Zuwachs der Geschwindigkeit wieder aufgehoben wird), aber durch den Stoß an die Wand zwischen s t wieder einen Theil der erlangten Geschwindigkeit verlieren, u. s. w. Der Fluß hat daher bey l o diejenige Geschwindigkeit nicht, die er haben würde, wenn er gerade von e nach o geflossen wäre, weil das Gefäll des Flußes von c bis o auf eine größere Strecke von e über r bis o vertheilt ist, auf welcher dem Wasser mehr Hindernisse zu überwinden vorkommen, als auf der kürzeren Strecke von e bis o. Aus diesem Grunde eilen alle Ströme, die weniger Krümmungen machen, selbst bey einem kleineren Gefälle, schneller dem Weltmeere zu, als andere bey vielen Krümmungen und größerem Gefälle. Wir können demnach, wo wir die Bewegung eines Flusses gleichförmig antreffen, sicher schließen, daß der beschleunigenden Kraft widerstanden werde, und das Widerstand der Bewegung und beschleunigende Kraft einander gleich seyn müssen (§. 34. Zusatz).

Aus dem Vorigen läßt sich nun die tägliche Wahrnehmung leicht erklären, warum der Lauf eines und desselben Flusses so ungleich gefunden wird, und auf eine geschwindere Bewegung

Fig. 67. wieder eine langsamere erfolgt, und so wechselweise fort, wovon jene an einigen Strecken als beschleunigt, und diese an gewissen Strecken als gleichförmig angesehen werden kann. Ersteres trifft man jedoch nur auf kurzen Strecken gewöhnlich da an, wo ein Fluß zwischen enge Gebirge und Felsenwände, und letzteres da, wo derselbe durch erweiterte Thäler und Ebenen läuft. Bey der Einmündung eines Flusses in einen andern, oder in die See ist die Geschwindigkeit desselben insgemein am kleinsten.

Auch ist nach den bisherigen Gründen erklärbar, warum Flüsse bey höherm Wasser eine größere Geschwindigkeit haben, als bey niedrigeren Wasserhöhen.

§. 186.

In der Auflösung der nachfolgenden Aufgabe wird gezeigt werden, durch welche Mittel man die Geschwindigkeit und daraus die zugehörige Fallhöhe eines Flusses bestimmen könne; jedoch ersieht man aus dem Vorhergehenden, daß sich nicht angeben läßt, wo dieselben anfangen oder aufhören.

Aufgabe. Die Geschwindigkeit des Wassers in einem Strome zu messen.

Auflösung.

I. Vermittelst einer schwimmenden Kugel.

1.) Man stecke am Ufer des Stromes eine gerade Linie EF in einer solchen Gegend ab, wo das Wasser in geradliniger Richtung mit gleichförmiger Bewegung fortfließt, und das jene abgesteckte Linie mit dieser Richtung ziemlich parallel ist.

2.) Hierauf fülle man eine hohle blecherne Kugel (oder ein anderes derley Gefäß) mit so vielem Wasser, daß von der schwimmenden Kugel nur sehr wenig aus der Wasserfläche hervorrage, und von einem mäßigen Winde in ihrer Bewegung nicht merklich gestört werde; vermache die Oeffnung gut mit Siegellack oder einer Schraube, oder auch mit Kork.

3.) Diese gefüllte Kugel bringe man mit Hülfe eines kleinen Schiffes auf die Oberfläche des Wassers beynahe in die Mitte der Stromweite oberhalb der ausgesteckten Linie, und nachdem sie die Geschwindigkeit des Wassers angenommen, und den

ersten Stab der ausgesteckten Linie (in senkrechter Richtung auf diese Linie) erreicht hat, bemerke man die Zeit an einer Secunden-Taschenuhr (oder in deren Ermangelung vermittelst eines Secunden-Pendels §. 53.), binnen welcher die schwimmende Kugel eine der gemessenen Länge gleiche Entfernung auf dem Wasser zurückgelegt hat. Fig. 67.

4.) Nun dividire man die gemessene Länge des zurückgelegten Weges durch die dazu gehörige, in Secunden ausgedrückte Dauerzeit, so ist vermög §. 27. der Quotient die gesuchte Geschwindigkeit des Stromes an der Oberfläche in derjenigen Richtung, in welcher sich die schwimmende Kugel mit dem fließenden Wasser fortbewegte.

Wenn man solche Ausmessungen sowohl in der Mitte, als auch nahe an den Ufern vornimmt, so findet man, daß der Strom in einem und demselben Querdurchschnitte nicht überall dieselbe Geschwindigkeit hat. Verbindet man ferners zwey Kugeln vermittelst eines Fadens untereinander dergestalt, daß eine bis zu einer beliebigen Tiefe unter die Wasserfläche hinabsinket, während die andere etwas weniges hervorraget, so findet man, daß die untere Kugel gemeiniglich etwas zurückbleibt, und daß daher die Geschwindigkeit des Wassers in der Tiefe, besonders gegen das Strombett hinab, kleiner ist, als an der Oberfläche des Stromes.

II. Vermittelst des Pitot'schen Strommessers.

Der von Pitot angegebene Strom-Geschwindigkeitsmesser besteht aus einer offenen, gläsernen Röhre qn mit einem kurzen, seitwärts gebogenen metallenen Trichter oder kegelförmigen Schenkel nm, welche an einem in Zolle, halbe und viertel Zolle eingetheilten Stabe befestiget ist. Um die Stelle genau zu bezeichnen, bis zu welcher dem eigentlichen Wasserspiegel an der Röhre von außen stehen müßte, wenn derselbe sich von der eingesenkten Röhre nicht erhöhen würde, bringt man eine an der hintern Fläche des Bretes verschiebbare Vorrichtung (Lit. M) mit einer Stellschraube x an. Eben so wird an der vordern Fläche des Bretes eine messingene Drathstange befestigt, 68.

Fig. 68. an welcher sich ein Zeiger p auf- und abschieben läßt, um die Höhe des durch die Geschwindigkeit des Stromes in die Röhre hinauf gestoßenen Wassers zu bezeichnen.

Man senkt einen solchen Strommesser bey dem Gebrauche in das fließende Wasser dergestalt in eine beliebige Tiefe, daß qn beyläufig senkrecht auf der Oberfläche des fließenden Wassers, und die Oeffnung m der Richtung des Stromes senkrecht entgegen gesetzt sey.

Wenn nun der Wasserspiegel, z. B. bis rt reicht, so würde bey einem stillstehenden Wasser dasselbe vermöge hydrostatischen Gründen in der Röhre ebenfalls bis dahin steigen, und mit der Oberfläche des äußern Wassers im Gleichgewichte seyn. Weil aber das Wasser, bis es an die Röhre gelangt, durch das Herablaufen über eine schiefe Ebene (§. 183.), eine gewisse Geschwindigkeit = g erlangt hat, vermög welcher dasselbe in der Röhre weiter aufwärts etwa bis p getrieben wird, und welche Geschwindigkeit eben so groß ist, als wenn das Wasser über die zugehörige Höhe Au frey gefallen wäre (§. 52.); so ist

$$\left.\begin{array}{l} 1.)\ g = \sqrt{4bh} \\ \text{und } 2.)\ h = \dfrac{g^2}{4b} \end{array}\right\}$$ vermög §. 33. 2.), und wenn man die Fallhöhe Au = rp = h setzet;

das heißt: die beobachtete Höhe der Wassersäule in dem Pitot'schen Strommesser oder dem Wasserspiegel ist die Geschwindigkeitshöhe des Wassers im Strome an derjenigen Stelle, wo die trichterförmige Oeffnung dem senkrechten Wasserstoße ausgesetzt ist; und es wird daraus

1.) die gesuchte Geschwindigkeit erhalten, wenn man aus dem Produkte der 4fachen Beschleunigung der Schwere (§. 32.) und der beobachteten Höhe der Wassersäule die Quadratwurzel zieht; und

2.) aus der bekannten (etwa durch die schwimmende Kugel erhaltene) Geschwindigkeit wird die dazu gehörige Fallhöhe des Stromes gefunden, wenn man das Quadrat der Geschwin-

digkeit durch die 4fache Beschleunigung der Schwere dividirt. Fig.

Um diese Rechnung abzukürzen, kann man eine Tabelle verfassen, welche für verschiedene Höhen der Wassersäule die dazu gehörige Geschwindigkeit enthält.

III. Vermittelst des Voltmann'schen Flügels.

Der Voltmann'sche Flügel (Fig. 76.) zur Messung der Geschwindigkeit eines Stromes besteht im Wesentlichen: 1.) aus einem metallenen Rahmen bfghia, gewöhnlich aus Eisen. 2.) Aus einem Flügel pq, welcher bey h mittelst einer Schraube an einer beweglichen Welle befestiget ist, welche mit ihren Schraubengewinden bey m in ein Stirnrad eingreift, und bey jedesmahliger Umdrehung des Flügels Ein Zahn des Rades fortgeschiebet, wodurch die Anzahl der Umdrehungen des Flügels und daraus sodann die Geschwindigkeit des Wassers gefolgert wird. 3.) Bey a und b laufen die zwey äußern Rahm-Schenkeln in Hülsen aus, durch welche eine hölzerne Stange de gesteckt, und mittelst zwey Schrauben bey a und b befestigt wird. Das ganze Instrument wird mit Hülfe dieser Stange im Strome unter Wasser fest gehalten. Endlich 4.) ist das Zahnrad vermittelst des Schenkels cg um den Stift bey g etwas beweglich, wodurch die Zähne des Rades, wenn der Schenkel cg bis zu seiner bestimmten Gränze, vermittelst der Schnur bey d aufgezogen wird, an die Schraubengewinde zum Eingreifen angedrückt werden kann; außerdem aber wird jener Schenkel durch die stählene Feder bey k abwärts gedrückt, und das Rad mittelst des Stellzahnes bey f fest gestellt; der Flügel aber kann sich ungehindert noch fortbewegen. 76.

Das Rad enthält 100 Zähne, und die dazwischen liegenden hundert Einschnitte sind von 5 zu 5 mit kürzern, und von 10 zu 10 mit längern Strichen und fortlaufenden Nummern bezeichnet. Die zwey gleich großen Flächen des Flügels haben nach der Breite qr, 2 Zolle, und sind so gestellt, daß sie ge-

Fig. 76. nau, in der Verlängerung der Verbindungs-Achse p q angesehen, die Figur Lit. M bilden; nähmlich die Flächen, an welche das Wasser, entweder von M oder v her stoßet, sind so gegen einander geneigt, daß sie einen Winkel p n s = q n t = 94 Grade bilden, damit die Länge p s der von dem Wasser senkrecht gestoßenen Fläche etwas größer als die Länge s t der nicht gestoßenen Fläche, und folglich die Reibung des Rades und der Schraube leichter überwunden wird. Die auf dem Horizont reducirte Länge der schief stehenden Fläche p t muß genau gleich der Breite, nähmlich p s = q r = 2 Zoll seyn; es beträgt demnach die senkrechte Stoßfläche 4 Quadratzolle.

Um dieses Instrument zum Gebrauche zu adjustiren, (berichtigen), steckt man sich längs des Ufers eines stillstehenden, hinlänglich tiefen Wassers eine gerade Linie von beliebiger Länge ab, stellt den mit o oder 100 (welche zwey Puncte übereinander fallen) bezeichneten Einschnitt über den Stellzahn bey k, hält an einem Endpuncte der abgesteckten Linie das Instrument mittelst der Stange d e unter dem Wasserspiegel, zieht in dem Augenblicke, als man sich mit demselben gegen das andere Ende der Linie fortbewegen will, die Schnur fest an, hält dieselbe, während das Instrument stets unter dem Wasserspiegel fortbewegt wird, immer fest an die Stange, und läßt sie erst, nachdem man das andere Ende der abgestreckten Linie erreicht hat, wieder los, wodurch das Rad in demselben Augenblicke festgestellt wird. Die Anzahl Zähne (oder Vertiefungen), welche das Rad während dieser Bewegung zurückgelegt hat, gibt die Anzahl der Umdrehungen des Flügels, und mit der Länge der durchbewegten Linie das Verhältniß zur Berechnung der Geschwindigkeit des in einem Strome fließenden Wassers zu erkennen. Gesetzt die Länge der abgesteckten Linie habe 80 Fuß, und die Anzahl der von der Umdrehung des Flügels durch die Schraube fortgeschobenen Zähne 16 betragen, so geben diese zwey Zahlen das erst erwähnte Verhältniß *).

*) Um sicher zu gehen, zieht man das Instrument mehrere Mahle durch, und nimmt aus den etwa gefundenen verschie-

Will man nun mit einem so adjustirten Instrumente die Geschwindigkeit eines Stromes untersuchen, so bringt man das auf Null gestellte Instrument mittelst eines kleinen Schiffes auf diejenige Stelle und in diejenige Tiefe, wofür man die Geschwindigkeit wissen will, zählt von dem Augenblicke an, als man die Schnur aufzieht, mittelst einer Secunden-Taschenuhr oder eines am Ufer errichteten und beobachteten Secunden-Pendels (§. 53.) die Anzahl Secunden, welche verfließen, bis durch Loslassung der Schnur das Rad wieder gestellt wird. Gesetzt dasselbe sey während 15 gezählten Secunden um 18 Zähne fortgeschoben worden, so schließt man: bey 16 Umdrehungen hat das Instrument eine Länge von 80 Fuß durchlaufen, wie viel Fuß in der Länge hat das Wasser während 18 Umdrehungen zurück gelegt? (weil es einerley ist, ob im stillstehenden Wasser das Instrument bewegt wird, oder das Wasser am stillgehaltenen Instrumente sich bewegt), nähmlich 16 : 18 = 80 : x, woraus x = 90 Schuh Länge gefunden wird. Hierauf schließt man: während 15 Sec. hat das Wasser eine Länge von 90 Fuß durchlaufen, wie viel Fuß Länge in 1 Sec.? nähmlich 15 : 1 = 90 : g; woraus man die Geschwindigkeit des Wassers $g = \frac{90}{15} = 6$ Fuß findet. Fig. 76.

Aus diesem fließt demnach folgende allgemeine Regel: Man multiplicire die bey der Berichtigung mit dem Instrumente durchlaufene Länge = L mit der Anzahl Umdrehungen = U im fließenden Wasser, und dividire dieses Product durch das Product aus der Anzahl Umdrehungen = u im stehenden Wasser mit der beobachteten Anzahl Secunden = s im fließenden Wasser; so ist der Quo-

denen Umdrehungen das arithmetische Mittel. Dabey wird man finden, daß es einerley ist, ob man das Instrument langsam oder schnell durch das stehende Wasser zieht, und ob der Flügel vor- oder rückwärts der Stange geht.

Fig. tient die gesuchte Geschwindigkeit = g, nähmlich $g = \frac{L.U}{u.s}$; hier in unserm Beyspiele wäre $g = \frac{80.18}{16.15} =$ 6 Fuß.

§. 187.

Wenn die Oberfläche des fließenden Wassers nicht für beynahe horizontal angesehen werden kann, sondern gegen den Ho-
70. rizont hh um einen gegebenen Winkel qah geneigt ist, wie dieß in den Mühlgerinnen der unterschlächtigen Räder der Fall ist; so muß man die beobachtete, auf die Oberfläche pq des fließenden Wassers senkrechte Länge der Wassersäule ac in dem Pitot'schen Strommesser mit dem cosinus eines solchen Neigungswinkels multipliciren, um die lothrechte Höhe ad der Wassersäule zu erhalten, welche der gesuchten Geschwindigkeitshöhe gleich ist. Denn wenn man ae als den sinus totus betrachtet, so wird ad der cosinus des Winkels ead = qah (weil qah + qad = 90, und auch qad + dae = 90 ist), und es verhält sich ad : ae = cos (ead = qah) : 1; woraus die gesuchte Geschwindigkeitshöhe ad = ae.cos qah gefunden wird.

Als Geschwindigkeitsmesser ist das erwähnte Pitot'sche Instrument weit vorzüglicher, als die schwimmende Kugel, weil man mit demselben in jeder beliebigen Stelle sowohl in einem Strome als auch in einem Mühlgerinne die Geschwindigkeit des Wassers bestimmen kann. Bey der Bestimmung der Geschwindigkeit eines Stromes an der Oberfläche können die erwähnten Arten der Ausmessung einander wechselweise zur Bestätigung dienen.

Ueberhaupt eignet sich die schwimmende Kugel zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Wassers für solche Flüsse, oder für solche Strecken derselben, deren Geschwindigkeit nur gering ist, und beynahe als gleichförmig angesehen werden kann (§. 185.). Der Pitot'sche Strommesser kann in mittelmäßigen Strömen auf jede beliebige Tiefe, besonders aber in Mühlgerinnen, nicht aber in sehr langsam fließenden Wasser angewendet werden.

Der Woltmann'sche Flügel hingegen ist vorzüglich für große und schnellfließende Ströme geeignet. Fig.

§. 188.

Aufgabe. Die Wassermenge zu bestimmen, welche in einem Strome durch einen bestimmten auf die Stromrichtung senkrechten Querdurchschnitt seines Bettes in jeder Secunde durchfließt.

Auflösung. 1.) Es stelle agp in Fig. 69. den Querdurchschnitt eines Strommes vor. 69.

1.) Man bestimme die nöthigen Abmessungen des auf die Stromrichtung senkrechten Querdurchschnittes vermittelst Stangen oder des Senkbleyes auf ähnliche Art, wie eine krummlinige Gränze vermög pract. Geom. 380., und verzeichne nachher den Querdurchschnitt selbst, nach 386. pract. Geometrie.

2.) Hierauf bestimme man für den beyläufigen Mittelpunct oder Schwerpunct eines jeden trapezförmigen Flächenstückes abe, ec, fd . . . des Querdurchschnittes die dazu gehörige Geschwindigkeit nach §. 186.

3.) Endlich multiplicire man jeden solchen Flächentheil des Querdurchschnittes mit der dazu gehörigen Geschwindigkeit, und addire alle diese Producte zusammen; so erhält man den kubischen Inhalt der in jeder Secunde durch den Querdurchschnitt durchströmenden Wassermenge.

Wenn man nun diese Wassermenge durch die Fläche des Querdurchschnittes dividirt, so ist der Quotient die mittlere Geschwindigkeit des Stromes an derjenigen Stelle, wo man den Querdurchschnitt aufgenommen hat (§. 182.).

§. 189.

Aufgabe. Um eine Maschine in gleichförmiger Bewegung zu erhalten, ist in jeder Secunde eine gleiche Wassermenge erforderlich, welche durch die bestimmte Ausflußöffnung von 2′ Breite = mn, und $\frac{1}{2}$′ Höhe = xm mit einer Geschwindigkeit = G = 9′ auf die Schaufeln des Wasserrades hinstürzet; wie breit muß die Zuflußöffnung vw seyn, 70.

Fig. 70. wenn die Höhe des Wassers bey dem Einflusse (entweder natürlich oder künstlich) nicht über $\frac{1}{4}'$ hoch $=$ y w gespannt werden kann oder darf, und die Geschwindigkeit des Wassers daselbst $4'$ beträgt, damit eben so viel Wasser zufließe als in der nähmlichen Zeit abfließt?

Auflösung. Vermöge des vorigen Paragraphs wird die abfließende Wassermenge erhalten, wenn man die Durchschnittsfläche $2'.\frac{1}{2}, = 1\,q'$ mit der Geschwindigkeit des Wassers $= 9'$ multiplicieret; also fließen in einer Secunde ab: $1\,q'.9' = 9$ Kubikf. Es sey ferners die zu suchende Breite v w der Zuflußöffnung $=$ x Schuhe, so ist die Fläche der Zuflußöffnung $= \frac{1}{2}.x$, und die durchfließende Wassermenge in eben derselben Zeit von 1 Secunden $= \frac{1}{2}.x.4$; diese muß aber vermöge Beding der abfließenden Wassermenge gleich seyn; also ist $\frac{1}{2}.x.4 = 9$ Kubikf.; woraus $x =$ v w $= 3$ Schuh gefunden wird.

Dritter Abschnitt.

Von dem Stoße des fließenden Wassers auf entgegengesetzte feste ebene Flächen.

§. 190.

Wenn man eine ebene Fläche, z. B. ein Stückchen Bret, in fließendes Wasser dergestalt hält, daß die Richtung des strömenden Wassers senkrecht auf diese Fläche ist, so gehört desto mehr Kraft dazu, diese Fläche fest zu halten, je größer die Geschwindigkeit des Wassers ist; und eben diese Wirkung des Wassers ist es, welche man den Stoß des Wassers nennt.

§. 191.

67. Stößt fließendes Wasser senkrecht auf eine eingetauchte und unbeweglich gehaltene feste ebene Fläche m n, deren Flächenin-

halt im Vergleich mit dem Querdurchschnitte des fließenden Wassers klein ist, damit nähmlich das anstoßende Wasser rings herum frey abfließen kann; so kann die Kraft des gegen eine solche ebene Ebene entstehenden Stoßes ausgedrückt werden, durch das Product aus der gestoßenen Fläche, multiplicirt mit dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers. Fig. 67.

Denn vermög §. 185. kann man die Bewegung des fließenden Wassers, im Durchschnitte und auf kurze Strecken genommen, als gleichförmig ansehen; und bey dieser Bewegung erhält man die Bewegungsgröße (das Moment) oder hier die Kraft des Stoßes, wenn man die Masse mit der Geschwindigkeit multiplicirt (§. 29.), Nun aber erhält man die Wassermasse = m, welche in der nähmlichen Zeit, wofür die Geschwindigkeit des Wassers bekannt ist, an die Fläche stoßt, wenn man die Fläche m n = f mit der Geschwindigkeit = g multiplicirt, nähmlich m = f.g, (§. 171.); also ist vermöge des Obigen die auf diese Fläche stoßende Kraft k = m.g = f.g.g = f.g^2.

§. 192.

Durch diese Gleichung erhält man den Wasserstöß etwas zu groß, auch ist durch dieselbe die Kraft des Stoßes nicht im Gewichte angegeben. Da aber der obige Ausdruck nicht geändert wird, wenn man ihn mit 1 multiplicirt, und weil das Gewicht eines Wiener Kubikfußes Flußwasser sehr nahe = 57 = p Wiener Pfund wiegt (§. 163.); und da die Beschleunigung der Schwere b = 15,5, also die 4fache Beschleunigung = 15,5.4 = 62 = 4 b, daher der Bruch $\frac{57}{62}$ = 0,92 nur um 0,08 von der Einheit (1) verschieden ist: so erhält man die Kraft des Wasserstoßes

$$k = f.g^2 = f.g^2.1 = f.g^2.\frac{57}{62} = f.g^2.\frac{p}{4b} = f.\frac{g^2}{4b}.p$$

eben so, wie derselbe aus Gründen der höheren Mathematik erhalten wird, und ist zugleich im Wiener Gewichte ausgedrückt.

Fig. 67. Da ferner der Factor $\frac{g^2}{4b}$ den Raum oder die Höhe vorstellt, durch welche ein Körper frey fallen müßte, um am Ende derselben eine Geschwindigkeit $= g$ zu erlangen (§. 31.); so drückt derselbe die Geschwindigkeitshöhe aus, oder die Höhe, von welcher das Wasser frey fallen müßte, um am Ende des Falles die Geschwindigkeit g zu erhalten. Man kann daher auch sagen: die Kraft des senkrechten Wasserstoßes auf eine feste Ebene ist dem Gewichte einer Wassersäule gleich, welche die gestoßene Ebene zur Grundfläche, und die der Geschwindigkeit des Wassers zugehörige Fallhöhe zu ihrer Länge hat. Es sey z. B. die gestoßene Fläche $= f = 4\,q'$, und nach §. 186. die Geschwindigkeit des Wassers $= 12'$; so ist die Kaft des Stoßes $= 4 . \frac{12^2}{62} . 57 = 529$ Pfund.

§. 193.

Wenn die anstoßende Flüssigkeit nicht gemeines Wasser, sondern z. B. athmosphärische Luft wäre, so darf man nur das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit in der obigen Gleichung für p setzen; vermög §. 163 ist nähmlich für diesen Fall $p = 0{,}0012 . 56{,}38 = 0{,}068$ oder nahe $= 0{,}07$ Pf.

Nun läßt sich die Gewalt schätzen, die ein Sturmwind von bekannter Geschwindigkeit *) auf belaubte Bäume ausübet. Gesetzt die Durchschnittsfläche der Krone eines belaubten
77. Baumes, x mittlerer Größe betrage 400 q'; es seye von dieser nur die Hälfte, also 200 q' als feste, dem Winde widerstehende Fläche zu betrachten (weil der zwischen dem Laube

*) Nach Beobachtungen legt ein sogenannter steifer Wind in jeder Secunde 24 Fuß, ein harter Wind 35, ein mäßiger Sturm 40 bis 50, ein starker Sturm 59 bis 70, ein Orkan 100 und mehrere Fuß in einer Secunde zurück. Der stärkste bisher beobachtete Orkan hatte 123 Fuß in einer Secunde zurückgelegt.

und den Aesten durchstreichende Wind auf den Baum keine Wirkung hat); es seye ferner die Geschwindigkeit des Windes = 90 Fuß, und der Schwerpunct der widerstehenden Fläche in der Mitte der Krone von den Wurzeln 80 Fuß entfernt, so findet man die Kraft des Stoßes Fig. 77.

$$K = \frac{fg^2}{4b}.p = \frac{200.8100}{62}.0{,}07 = 1829 \text{ Pf.},$$

welchen der Baum auf der ganzen widerstehenden Fläche, oder im Schwerpuncte derselben, zu erleiden hat.

Nimmt man nun an, daß die Wurzeln des Baumes 3′ tief in die Erde gehen, so kann man ungefähr in der halben Tiefe, also $1\frac{1}{2}$ Fuß unter der Erdoberfläche ihre vereinigte Kraft setzen, welche der an den Schwerpunct der Krone drückenden Gewalt des Windstoßes widersteht. Da ferner der Baumstamm als ein zweyarmiger Hebel anzusehen ist, an welchem die wirkende Kraft am Schwerpuncte der Krone, die widerstehende Last aber im Vereinigungspuncte des Wurzelwiderstandes, und der Ruhepunct oder Drehungspunct, um welchen nähmlich der Baum, wenn er sammt den Wurzeln umgeworfen würde, sich drehen müßte, nahe an jenem Vereinigungspuncte, etwa $\frac{1}{2}$ Schuh gegen die Erdoberfläche entfernt sich befindet; so ist

$$K.80 = L.\tfrac{1}{2}.(\S.80.),$$

oder $1829.80 = L.\frac{1}{2}$

endlich $L = 1829.160 = 292640$ Pfund die Gewalt, welcher die Wurzeln des Baumes widerstehen sollen, und zwar nur größtentheils die Wurzeln an derjenigen Seite des Baumes, von welcher der Windstrom kommt.

Bedenkt man nun:

1.) daß die Luft als elastische Flüssigkeit bey einem Sturme sehr zusammengedrückt, und also eine viel größere Dichtigkeit hat, als hier in die Rechnung genommen ist, und daher durch ein viel größeres Gewicht und zugleich durch ihre Elasticität wirkt;

2.) daß der Baumstamm als ein so langer Hebelsarm der wirkenden Kraft durch seine sehr beträchtliche Schwere selbst mitwirkt, sich umzustürzen; und wenn man endlich

Fig. 77. 3.) bedenkt, daß dieser so großen Gewalt faßt nur die Halbscheid der Wurzeln widerstehen sollen: so wird es erklärbar, warum heftige Sturmwinde öfters so große Verwüstungen in den Wäldern anrichten, und ganze Strecken von Bäumen umstürzen, besonders wenn die Wurzeln einer Holzart ihrer Natur nach, nicht so tief in den Boden dringen, oder wegen Hindernisse nicht so tief in denselben dringen können, als oben in die Rechnung genommen ist; um so mehr im Früh- oder Spätjahre, wo die Erde durch Schnee- und Regenwasser ohnehin weich ist, und daher die Wurzeln in ihr nicht so, wie im Winter bey Frost, die nöthige Festigkeit zum Widerstande haben.

§. 194.

Die obigen sehr großen Unterschiede der Wirkungen des Windstoßes auf die Stoßfläche der Krone, und auf die Wurzeln der Bäume, geben zu erkennen, warum Baumstämme seltener abgebrochen, meistentheils aber umgestürzt werden. Warum aber die vom Winde mit den Wurzeln umgestürzten Baumstämme, welche mit ihren Gipfel nicht über die durch den obersten Punct des Berges gedachte Horizontalfläche r s hinausreichen, faßt alle Bergab und nicht Bergauf geworfen werden, läßt sich theils aus hydrostatischen, theils aus mechanischen Gründen erklären.

Denn strömt der Wind von dem Baume gegen eine Bergwand, d. i., in der Richtung von x nach y, so widersteht jene durch ihre Festigkeit dem Strome, und dieser verliert dadurch an Geschwindigkeit, folglich an Kraft auf die Krone des Baumes. Da ferner die Wurzeln sowohl an der Bergwand aufwärts bey q, als abwärts bey p, gleich tief in den Boden zu dringen suchen, die oberhalb des Baumes streichenden Wurzeln bey q aber der Gewalt des von x gegen y strömenden Windes mehr Widerstand leisten, als die untern bey p dem in der entgegengesetzten Richtung von y gegen x strömenden Winde, (weil im ersten Falle der Drehungspunct oberhalb bey q, und daher der Hebelsarm der wirkenden Kraft kürzer, als im entgegengesetzten Falle, wo der Drehungspunct mehr unten bey p ist); so müßte der Baum, um ihn aufwärts um seine höhern Wurzeln zu drehen und

zu stürzen, der Schwerkraft entgegen gleichsam gehoben werden, während diese im zweyten Falle den Baum abwärts zu stürzen so kräftig mitwirkt. Ueberdieß findet der Windstrom in der Richtung von y gegen x (wenn nicht gegenüber unweit eine andere Bergwand entgegensteht) keinen Widerstand, wodurch seine Geschwindigkeit gemäßigt würde, wie im vorigen Falle: folglich kann ein Sturm die unterhalb der durch den höchsten Punct eines Berges gedachten Horizontalfläche r s stehenden Bäume eher Bergab als Bergauf umstürzen. Fig. 77.

Nicht so verhält sich's aber mit jenen Bäumen, welche weiter aufwärts gegen den höchsten Punct eines Berges stehen, wo der Windstrom auf keiner Seite einen Widerstand findet, sondern nach allen Richtungen frey abströmen, und die Bäume niederstürzen kann. Wenn daher einige Forstmänner der Meinung sind, daß man in hohem Holze dem Windzuge eine sogenannte Windstraße durchhauen müsse, und behaupten, daß ein District oft auf keine andere Weise gegen den Sturm zu schützen sey, wogegen andere solche Windstraßen für gefährlich halten; so ist die Behauptung der erstern dahin zu verstehen, daß man solche Windstraßen nur im Gebirge da anlegen müße, wo man der Erfahrung zufolge weiß, daß der Windstrom in Schluchten und Thäler gewöhnlich seinen Zug zu nehmen gezwungen wird, und sich dann die in einem solchen Kessel zusammengedrängte Luftmasse an irgend einem Orte des schwächsten Widerstandes durch Umsturz der Bäume einen Ausweg zu verschaffen sucht, auf eben die Art nähmlich, wie es eine andere flüssige Masse, z. B. Wasser, thun würde, wenn die Wände seines Behälters der angewachsenen Masse nicht allenthalben zureichenden Widerstand mehr leisten könnten. Neuere Erfahrungen scheinen die Nützlichkeit einer nach obigen Gründen angelegten Windstraße wirklich zu bestätigen.

Wohl aber wäre es sehr schädlich, wenn man auf der höchsten Kuppe eines Berges, der in einem Thalkessel ganz frey steht, und daher der Windstrom auf allen Seiten frey abfließen kann, auf welchem aber durch einen zufälligen Windstoß oder

Fig. Wirbelwind einige Bäume niedergelegt wurden, eine solche Windstraße anlegen wollte, wie dieß wirklich geschehen ist, die aber nachher ganz natürlich zur Folge hatte, daß die außer Schluß gebrachten Bäume auch vom schwächern Winde umgeworfen wurden, bis auf diese Art die obere Fläche des Berges von Holz ganz entblößt war.

Aus dem oben §. 193. gefundenen Resultate der auf die Wurzeln der Bäume von dem Windstoße ausübenden Gewalt ersieht man, wie schädlich hochstämmige Bäume den Ufern der Flüsse sind, wenn jene nahe an diesen stehen, weil bey einem nur mäßigen Winde die Wurzeln, und mit ihnen die Erde stets bewegt und gelockert wird, wodurch es dem anschwellenden Flusse leicht wird, besonders, wenn derselbe sehr serpentinirt (§. 182.), in die Uferwände einzudringen, und ganze Strecken mit fortzureissen.

Eben so ersieht man aus demselben Resultate, welches wegen der dort angeführten, nicht in die Rechnung genommenen Umstände, gleichsam nur als ein Minimum zu betrachten ist, daß es der practischen Mechanik wohl schwerlich je gelingen dürfte, sogenannte Stockrod- oder Baum-Wurfmaschinen von der nöthigen Stärke, die aber auch zum Transportiren geeignet sind, zu construiren (§. 130.).

§. 195.

Wenn das Wasser zu beyden Seiten der gestoßenen Fläche nicht frey abfließen kann, wie dieß bey den an den Ufern der Flüsse angebrachten sogenannten Buhnen oder Sporen der
67. Fall ist, Fig. 67. bey k oder i, so wird die Kraft des Stoßes größer, als im vorigen Falle. (§. 192.), weil hierzu auch noch der hydrostatische Druck in Erwägung gezogen werden muß, der einiger Maßen nach §. 153. geschätzt werden kann.

Wie groß aber der senkrechte Wasserstoß gegen eine feste Fläche = k von beträchtlicher Ausdehnung sey, wenn der gegebene Querdurchschnitt = F des fließenden Wassers auch in Erwägung gezogen werden soll, läßt sich bloß allein aus Gründen der Mechanik nicht ableiten. Indessen haben einige darüber angestellte Versuche gezeigt, daß man in einem solchen Falle den

senkrechten Wasserstoß für die Geschwindigkeit = g, und für Fig.
das eigenthümliche Gewicht des Wassers p durch folgende Gleichung vorstellen kann:

$K = f.\frac{g^2}{4b}.\left(1+\frac{f}{F}\right).p$ in welcher für $F = \infty$ in Vergleich

mit f, der Stoß so groß wird, wie im §. 192. Hingegen für $f = F$ ist er doppelt so groß, d. i., die den Wasserstoß vorstellende Säule auf die Grundfläche f hat die 2fache Geschwindigkeitshöhe zu ihrer Länge. Dieser Wasserstoß findet gegen den Schwelldamm AB Fig. 78. einer Klause Statt, wenn der 78.
Querdurchschnitt des Zuflusses beynahe eben so breit, als der Schwelldamm ist.

In einem solchen Falle müßte nebst dem hydraulischen Stoß auch der hydrostatische Seitendruck nach §. 153. berechnet, und zu dem vorigen addirt werden, um die Gewalt zu bestimmen, welcher der Schwelldamm zu widerstehen hat. Da aber anfänglich bey dem niedern Wasserstande der hydrostatische Druck noch klein ist, später aber, je mehr sich die Klause füllet, die Zuflußgeschwindigkeit immer kleiner, und bey gefüllter Klause unbedeutend wird, so genügt es, nur den hydrostatischen Seitendruck zu bestimmen, um so mehr, da bey einer gut eingerichteten Klause der Wasserstand nur eine gewisse Höhe erreichen kann, indem man bey gesperrter Klause das noch zufließende Wasser oben durch die aufgezogenen Schußbreter abfließen läßt.

§. 196.

Aus dem §. 192. aufgestellten Satz lassen sich nun verschiedene nützliche Folgen ableiten:

es ist nähmlich $k = \frac{f g^2}{4b}.p$

und aus eben diesem Grunde $K = \frac{F.G_2}{4b}.p$

also auch $K : k = \frac{FG_2}{4b}.p : \frac{fg^2}{4b}.p,$

oder 1.) $K : k = F.G_2 : f.g_2$; das heißt: bey verschiedenen Geschwindigkeiten und verschiedenen

Fig. 76. nau, in der Verlängerung der Verbindungs-Achse p q angesehen, die Figur Lit. M bilden; nähmlich die Flächen, an welche das Wasser, entweder von M oder v her stoßet, sind so gegen einander geneigt, daß sie einen Winkel p n s = q n t = 94 Grade bilden, damit die Länge p s der von dem Wasser senkrecht gestoßenen Fläche etwas größer als die Länge s t der nicht gestoßenen Fläche, und folglich die Reibung des Rades und der Schraube leichter überwunden wird. Die auf dem Horizont reducirte Länge der schief stehenden Fläche p t muß genau gleich der Breite, nähmlich p s = q r = 2 Zoll seyn; es beträgt demnach die senkrechte Stoßfläche 4 Quadratzolle.

Um dieses Instrument zum Gebrauche zu adjustiren, (berichtigen), steckt man sich längs des Ufers eines stillstehenden, hinlänglich tiefen Wassers eine gerade Linie von beliebiger Länge ab, stellt den mit o oder 100 (welche zwey Puncte übereinander fallen) bezeichneten Einschnitt über den Stellzahn bey k, hält an einem Endpuncte der abgesteckten Linie das Instrument mittelst der Stange d e unter dem Wasserspiegel, zieht in dem Augenblicke, als man sich mit demselben gegen das andere Ende der Linie fortbewegen will, die Schnur fest an, hält dieselbe, während das Instrument stets unter dem Wasserspiegel fortbewegt wird, immer fest an die Stange, und läßt sie erst, nachdem man das andere Ende der abgesteckten Linie erreicht hat, wieder los, wodurch das Rad in demselben Augenblicke festgestellt wird. Die Anzahl Zähne (oder Vertiefungen), welche das Rad während dieser Bewegung zurückgelegt hat, gibt die Anzahl der Umdrehungen des Flügels, und mit der Länge der durchbewegten Linie das Verhältniß zur Berechnung der Geschwindigkeit des in einem Strome fließenden Wassers zu erkennen. Gesetzt die Länge der abgesteckten Linie habe 60 Fuß, und die Anzahl der von der Umdrehung des Flügels durch die Schraube fortgeschobenen Zähne 16 betragen, so geben diese zwey Zahlen das erst erwähnte Verhältniß *).

*) Um sicher zu gehen, zieht man das Instrument mehrere Mahle durch, und nimmt aus den etwa gefundenen verschie-

Will man nun mit einem so adjustirten Instrumente die Geschwindigkeit eines Stromes untersuchen, so bringt man das auf Null gestellte Instrument mittelst eines kleinen Schiffes auf diejenige Stelle und in diejenige Tiefe, wofür man die Geschwindigkeit wissen will, zählt von dem Augenblicke an, als man die Schnur aufzieht, mittelst einer Secunden-Taschenuhr oder eines am Ufer errichteten und beobachteten Secunden-Pendels (§. 53.) die Anzahl Secunden, welche verfließen, bis durch Loslassung der Schnur das Rad wieder gestellt wird. Gesetzt dasselbe sey während 15 gezählten Secunden um 18 Zähne fortgeschoben worden, so schließt man: bey 16 Umdrehungen hat das Instrument eine Länge von 80 Fuß durchlaufen, wie viel Fuß in der Länge hat das Wasser während 18 Umdrehungen zurück gelegt? (weil es einerley ist, ob im stillstehenden Wasser das Instrument bewegt wird, oder das Wasser am stillgehaltenen Instrumente sich bewegt), nähmlich 16 : 18 = 80 : x, woraus x = 90 Schuh Länge gefunden wird. Hierauf schließt man: während 15 Sec. hat das Wasser eine Länge von 90 Fuß durchlaufen, wie viel Fuß Länge in 1 Sec.? nähmlich 15 : 1 = 90 : g; woraus man die Geschwindigkeit des Wassers $g = \frac{90}{15} = 6$ Fuß findet. Fig. 76.

Aus diesem fließt demnach folgende allgemeine Regel: Man multiplicire die bey der Berichtigung mit dem Instrumente durchlaufene Länge = L mit der Anzahl Umdrehungen = U im fließenden Wasser, und dividire dieses Product durch das Product aus der Anzahl Umdrehungen = u im stehenden Wasser mit der beobachteten Anzahl Secunden = s im fließenden Wasser; so ist der Quo-

---

denen Umdrehungen das arithmetische Mittel. Dabey wird man finden, daß es einerley ist, ob man das Instrument langsam oder schnell durch das stehende Wasser zieht, und ob der Flügel vor- oder rückwärts der Stange geht.

Fig. tient die gesuchte Geschwindigkeit = g, nähmlich $g = \frac{L.U}{u.s}$; hier in unserm Beyspiele wäre $g = \frac{80.18}{16.15} =$ 6 Fuß.

§. 187.

Wenn die Oberfläche des fließenden Wassers nicht für beynahe horizontal angesehen werden kann, sondern gegen den Ho-
70. rizont hh um einen gegebenen Winkel qah geneigt ist, wie dieß in den Mühlgerinnen der unterschlächtigen Räder der Fall ist; so muß man die beobachtete, auf die Oberfläche pq des fließenden Wassers senkrechte Länge der Wassersäule ac in dem Pitot'schen Strommesser mit dem cosinus eines solchen Neigungswinkels multiplieiren, um die lothrechte Höhe ad der Wassersäule zu erhalten, welche der gesuchten Geschwindigkeitshöhe gleich ist. Denn wenn man ae als den sinus totus betrachtet, so wird ad der cosinus des Winkels ead = qah (weil qah + qad = 90, und auch qad + dae = 90 ist), und es verhält sich ad : ae = cos (ead = qah) : 1; woraus die gesuchte Geschwindigkeitshöhe ad = ae.cos qah gefunden wird.

Als Geschwindigkeitsmesser ist das erwähnte Pitot'sche Instrument weit vorzüglicher, als die schwimmende Kugel, weil man mit demselben in jeder beliebigen Stelle sowohl in einem Strome als auch in einem Mühlgerinne die Geschwindigkeit des Wassers bestimmen kann. Bey der Bestimmung der Geschwindigkeit eines Stromes an der Oberfläche können die erwähnten Arten der Ausmessung einander wechselweise zur Bestätigung dienen.

Ueberhaupt eignet sich die schwimmende Kugel zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Wassers für solche Flüsse, oder für solche Strecken derselben, deren Geschwindigkeit nur gering ist, und beynahe als gleichförmig angesehen werden kann (§. 185.). Der Pitot'sche Strommesser kann in mittelmäßigen Strömen auf jede beliebige Tiefe, besonders aber in Mühlgerinnen, nicht aber in sehr langsam fließenden Wasser angewendet werden.

Der Woltmann'sche Flügel hingegen ist vorzüglich für große und schnellfließende Ströme geeignet. Fig.

§. 188.

Aufgabe. Die Wassermenge zu bestimmen, welche in einem Strome durch einen bestimmten auf die Stromrichtung senkrechten Querdurchschnitt seines Bettes in jeder Secunde durchfließt.

Auflösung. 1.) Es stelle agp in Fig. 69. den Querdurchschnitt eines Strommes vor. 69.

1.) Man bestimme die nöthigen Abmessungen des auf die Stromrichtung senkrechten Querdurchschnittes vermittelst Stangen oder des Senkbleyes auf ähnliche Art, wie eine krummlinige Gränze vermög pract. Geom. 380., und verzeichne nachher den Querdurchschnitt selbst, nach 386. pract. Geometrie.

2.) Hierauf bestimme man für den beyläufigen Mittelpunct oder Schwerpunct eines jeden trapezförmigen Flächenstückes abe, ec, fd . . . des Querdurchschnittes die dazu gehörige Geschwindigkeit nach §. 186.

3.) Endlich multiplicire man jeden solchen Flächentheil des Querdurchschnittes mit der dazu gehörigen Geschwindigkeit, und addire alle diese Producte zusammen; so erhält man den kubischen Inhalt der in jeder Secunde durch den Querdurchschnitt durchströmenden Wassermenge.

Wenn man nun diese Wassermenge durch die Fläche des Querdurchschnittes dividirt, so ist der Quotient die mittlere Geschwindigkeit des Stromes an derjenigen Stelle, wo man den Querdurchschnitt aufgenommen hat (§. 182.).

§. 189.

Aufgabe. Um eine Maschine in gleichförmiger Bewegung zu erhalten, ist in jeder Secunde eine gleiche Wassermenge erforderlich, welche durch die bestimmte Ausflußöffnung von 2′ Breite = mn, und $\frac{1}{2}$′ Höhe = xm mit einer Geschwindigkeit = G = 9′ auf die Schaufeln des Wasserrades hinstürzet; wie breit muß die Zuflußöffnung vw seyn, 70.

Fig. 70. wenn die Höhe des Wassers bey dem Einflusse (entweder natürlich oder künstlich) nicht über $\frac{1}{2}'$ hoch $=$ y w gespannt werden kann oder darf, und die Geschwindigkeit des Wassers daselbst $4'$ beträgt, damit eben so viel Wasser zufließe als in der nähmlichen Zeit abfließt?

Auflösung. Vermöge des vorigen Paragraphs wird die abfließende Wassermenge erhalten, wenn man die Durchschnittsfläche $2'.\frac{1}{2}' = 1\,q'$ mit der Geschwindigkeit des Wassers $= 9'$ multiplicirt; also fließen in einer Secunde ab: $1\,q'.9' = 9$ Kubikf. Es sey ferners die zu suchende Breite v w der Zuflußöffnung $=$ x Schuhe, so ist die Fläche der Zuflußöffnung $= \frac{1}{2}.x$, und die durchfließende Wassermenge in eben derselben Zeit von 1 Secunden $= \frac{1}{2}.x.4$; diese muß aber vermöge Beding der abfließenden Wassermenge gleich seyn; also ist $\frac{1}{2}.x.4 = 9$ Kubikf.; woraus $x = v\,w = 3$ Schuh gefunden wird.

Dritter Abschnitt.

Von dem Stoße des fließenden Wassers auf entgegengesetzte feste ebene Flächen.

§. 190.

Wenn man eine ebene Fläche, z. B. ein Stückchen Bret, in fließendes Wasser dergestalt hält, daß die Richtung des strömenden Wassers senkrecht auf diese Fläche ist, so gehört desto mehr Kraft dazu, diese Fläche fest zu halten, je größer die Geschwindigkeit des Wassers ist; und eben diese Wirkung des Wassers ist es, welche man den Stoß des Wassers nennt.

§. 191.

67. Stößt fließendes Wasser senkrecht auf eine eingetauchte und unbeweglich gehaltene feste ebene Fläche m n, deren Flächenin-

halt im Vergleich mit dem Querdurchschnitte des fließenden Wassers klein ist, damit nähmlich das anstoßende Wasser rings herum frey abfließen kann; so kann die Kraft des gegen eine solche ebene Ebene entstehenden Stoßes ausgedrückt werden, durch das Product aus der gestoßenen Fläche, multiplicirt mit dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers. Fig. 67.

Denn vermög §. 185. kann man die Bewegung des fließenden Wassers, im Durchschnitte und auf kurze Strecken genommen, als gleichförmig ansehen; und bey dieser Bewegung erhält man die Bewegungsgröße (das Moment) oder hier die Kraft des Stoßes, wenn man die Masse mit der Geschwindigkeit multiplicirt (§. 29.), Nun aber erhält man die Wassermasse $= m$, welche in der nähmlichen Zeit, wofür die Geschwindigkeit des Wassers bekannt ist, an die Fläche stoßt, wenn man die Fläche $m\,n = f$ mit der Geschwindigkeit $= g$ multiplicirt, nähmlich $m = f.g$, (§. 171.); also ist vermöge des Obigen die auf diese Fläche stoßende Kraft $k = m.g = f.g.g = f.g^2$.

§. 192.

Durch diese Gleichung erhält man den Wasserstoß etwas zu groß, auch ist durch dieselbe die Kraft des Stoßes nicht im Gewichte angegeben. Da aber der obige Ausdruck nicht geändert wird, wenn man ihn mit 1 multiplicirt, und weil das Gewicht eines Wiener Kubikfußes Flußwasser sehr nahe $= 57 = p$ Wiener Pfund wiegt (§. 163.); und da die Beschleunigung der Schwere $b = 15{,}5$, also die 4fache Beschleunigung $= 15{,}5.4 = 62 = 4b$, daher der Bruch $\frac{57}{62} = 0{,}92$ nur um 0,08 von der Einheit (1) verschieden ist: so erhält man die Kraft des Wasserstoßes

$$k = f.g^2 = f.g^2.1 = f.g^2.\frac{57}{62} = f.g^2.\frac{p}{4b} = f.\frac{g^2}{4b}.p$$

eben so, wie derselbe aus Gründen der höheren Mathematik erhalten wird, und ist zugleich im Wiener Gewichte ausgedrückt.

Fig. 67. Da ferner der Factor $\frac{g^2}{4b}$ den Raum oder die Höhe vorstellt, durch welche ein Körper frey fallen müßte, um am Ende derselben eine Geschwindigkeit $= g$ zu erlangen (§. 31.); so drückt derselbe die Geschwindigkeitshöhe aus, oder die Höhe, von welcher das Wasser frey fallen müßte, um am Ende des Falles die Geschwindigkeit g zu erhalten. Man kann daher auch sagen: die Kraft des senkrechten Wasserstoßes auf eine feste Ebene ist dem Gewichte einer Wassersäule gleich, welche die gestoßene Ebene zur Grundfläche, und die der Geschwindigkeit des Wassers zugehörige Fallhöhe zu ihrer Länge hat. Es sey z. B. die gestoßene Fläche $= f = 4\,q'$, und nach §. 186. die Geschwindigkeit des Wassers $= 12'$; so ist die Kaft des Stoßes $= 4 . \frac{12^2}{62} . 57 = 529$ Pfund.

§. 193.

Wenn die anstoßende Flüssigkeit nicht gemeines Wasser, sondern z. B. athmosphärische Luft wäre, so darf man nur das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit in der obigen Gleichung für p setzen; vermög §. 163 ist nähmlich für diesen Fall $p = 0{,}0012 . 56{,}38 = 0{,}068$ oder nahe $= 0{,}07$ Pf.

Nun läßt sich die Gewalt schätzen, die ein Sturmwind von bekannter Geschwindigkeit *) auf belaubte Bäume ausübet. Gesetzt die Durchschnittsfläche der Krone eines belaubten
77. Baumes x mittlerer Größe betrage 400 q'; es seye von dieser nur die Hälfte, also 200 q' als feste, dem Winde widerstehende Fläche zu betrachten (weil der zwischen dem Laube

*) Nach Beobachtungen legt ein sogenannter steifer Wind in jeder Secunde 24 Fuß, ein harter Wind 35, ein mäßiger Sturm 40 bis 50, ein starker Sturm 59 bis 70, ein Orkan 100 und mehrere Fuß in einer Secunde zurück. Der stärkste bisher beobachtete Orkan hatte 123 Fuß in einer Secunde zurückgelegt.

und den Aesten durchstreichende Wind auf den Baum keine Wirkung hat); es seye ferner die Geschwindigkeit des Windes = 90 Fuß, und der Schwerpunct der widerstehenden Fläche in der Mitte der Krone von den Wurzeln 80 Fuß entfernt, so findet man die Kraft des Stoßes Fig. 77.

$$K = \frac{fg^2}{4b} \cdot p = \frac{200 \cdot 8100}{62} \cdot 0{,}07 = 1829 \text{ Pf.},$$

welchen der Baum auf der ganzen widerstehenden Fläche, oder im Schwerpuncte derselben, zu erleiden hat.

Nimmt man nun an, daß die Wurzeln des Baumes 3′ tief in die Erde gehen, so kann man ungefähr in der halben Tiefe, also $1\frac{1}{2}$ Fuß unter der Erdoberfläche ihre vereinigte Kraft setzen, welche der an den Schwerpunct der Krone drückenden Gewalt des Windstoßes widersteht. Da ferner der Baumstamm als ein zweyarmiger Hebel anzusehen ist, an welchem die wirkende Kraft am Schwerpuncte der Krone, die widerstehende Last aber im Vereinigungspuncte des Wurzelwiderstandes, und der Ruhepunct oder Drehungspunct, um welchen nähmlich der Baum, wenn er sammt den Wurzeln umgeworfen würde, sich drehen müßte, nahe an jenem Vereinigungspuncte, etwa $\frac{1}{2}$ Schuh gegen die Erdoberfläche entfernt sich befindet; so ist

$$K.80 = L.\tfrac{1}{2}. \text{ (§. 80.)},$$

oder $1829.80 = L.\frac{1}{2}$

endlich $L = 1829.160 = 292640$ Pfund die Gewalt, welcher die Wurzeln des Baumes widerstehen sollen, und zwar nur größtentheils die Wurzeln an derjenigen Seite des Baumes, von welcher der Windstrom kommt.

Bedenkt man nun:

1.) daß die Luft als elastische Flüssigkeit bey einem Sturme sehr zusammengedrückt, und also eine viel größere Dichtigkeit hat, als hier in die Rechnung genommen ist, und daher durch ein viel größeres Gewicht und zugleich durch ihre Elasticität wirkt;

2.) daß der Baumstamm als ein so langer Hebelsarm der wirkenden Kraft durch seine sehr beträchtliche Schwere selbst mitwirkt, sich umzustürzen; und wenn man endlich

Fig. Radschaufeln $g = \frac{1}{2} G$ beträgt; so ist die respective Geschwindigkeit $G - g = G - \frac{1}{2} G = \frac{1}{2} G$ (§. 198); folglich die bewegende Kraft

$$k = f. \frac{(\frac{1}{2} G)^2}{4 b} . 2 . p \text{ vermög §. 195.}$$

$$\text{oder } k = 3. \frac{81}{62} . 2,57 = 447 \text{ Pfund.}$$

Wenn die Radschaufeln so weit von einander stehen, daß bey dem senkrechten Wasserstoße gegen eine Schaufel die nächst folgende sich eben einzutauchen anfängt, so dürfte diese Regel hinlänglich seyn. Wenn hingegen die Radschaufeln etwas näher beysammen sind, und das Gerinne in der Gegend des anstoßenden Wassers kreisförmig abgerundet ist, wodurch das Wasser gegen mehrere Schaufeln zugleich beynahe senkrecht, nur mit verschiedenen Geschwindigkeiten anschlägt; so ist der respective Wasserstoß noch größer, und es dürfte (nach der Meinung des sel. Hrn. Oberstl. Freyh. von Vega) bey der vortheilhaftesten Einrichtung eines solchen unterschlächtigen Wasserrades die den respectiven Wasserstoß vorstellende Wassersäule auf die Grundfläche einer Radschaufel die 3fache Höhe der respectiven Geschwindigkeit zur Länge haben.

§. 204.

Aus dem bereits Vorgetragenen ist nun begreiflich, daß man bey ganz- und halb-oberschlächtigen Wasserrädern das statische Moment der bewegenden Kraft der Summe aus den einzelnen Momenten gleich ist, welche man erhält,
70. wenn man das Gewicht des in jeder Sackschaufel a, b .... enthaltenen Wassers mit dem Abstande seines Schwerpunctes, oder seines beyläufigen Mittelpunctes aB, bc .... von dem lothrechten Durchmesser AA multiplicirt (§. 95. 96. u. 128.).

Nun erhellet auch, wie man zu untersuchen habe, ob irgend eine Wassermenge von bekannter Geschwindigkeit hinreicht (§. 189.), eine Maschine von bekannter Einrichtung, nachdem die zu bewegende Last sammt Reibung nach §. 128. auf Einen Hebelsarm des Wasserrades reducirt ist, beständig zu treiben, oder ob sie nur periodisch betrieben werden kann, wenn man zur Sammlung des Wassers einen Behälter anlegte, u. dgl.

Vierter Abschnitt.

Fig.

Einige Anwendung der hydrostatischen und hydraulischen Lehren auf das Schwemmen des Holzes.

I. Von den zur Holzschwemmung nöthigen Vorrichtungen.

§. 205.

Die wesentlichen Vorrichtungen zum Transport des Holzes vermittelst des Schwemmens sind sogenannte Klausen und Holzrechen. Erstere dienen, das aus mehreren Gebirgsschluchten und Gräben in ein Hauptthal zusammenfließende Schnee- oder Regenwasser an einem schicklichen Orte durch einen sogenannten Schwelldamm aufzufangen, um nachher von dem gesammelten Wasservorrathe beliebigen Gebrauch machen zu können. Der Holzrechen dienet zum Auffangen des durch den Wasservorrath in dem Schwemmbache an den bestimmten Ort gebrachten Holzes. Beyde Vorrichtungen sind in der Figur 78, und zwar ist die Klause mit dem Schwelldamme bey AB im Grundrisse, bey Lit. V im Durchschnitte nach der Linie a b, und bey Lit. W im Durchschnitte nach der Linie c d, so wie der Holzrechen bey MN im Grundrisse, und bey Lit. U im Durchschnitte nach der Linie m n vorgestellt. 78.

Der Schwelldamm für die Hauptklause wird im Hauptthale an einem schicklichen Orte angelegt, wo nähmlich dasselbe die erforderliche Weite hat, eine hinreichende Menge von Wasser aufzunehmen, ohne den Damm zu hoch aufführen zu müssen, wo jedoch das Thal auch nicht zu weit ist, daß der Damm, welcher vom Fuße der einen Thalwand quer über das Thalbett bis zum Fuße der andern geführt werden muß, nicht zu lange werden darf. Aehnliche Schwelldämme werden auch in den Seitenthälern angelegt, um mit dem gesammelten

Fig. 78. Wasservorrathe Holz in den Hauptbach heraus zu schwemmen, theils um die Wassermasse der Hauptklause damit zu verstärken. Man nennt diese Vorrichtungen Seitenklausen. In Figur 78. bey CC . . . sind solche vorgestellt, deren eine in Figur 79. im Grundrisse, und im Durchschnitte nach der Linie a b im vergrößerten Maße zu sehen ist.

Man soll keine dieser Klausen zu nahe am Fuße eines Berges anlegen, weil hier das Wasser nur von sehr wenigen Seitengräben und Schluchten aufgefangen werden kann. Obgleich das Wasser, welches aus den vor der Klause liegenden Seitengräben in den Bach fließt, für die Hauptklause nicht verloren geht, und auch für diese Seitenklause als sogenanntes Vorwasser, wie weiter unten erhellen wird, dienet; so kann es doch für das auf diesem Bach abzuschwemmende Holz nicht so vortheilhaft benützt werden, als wenn die Klause weiter vorwärts angelegt, und dieses Wasser in dieselbe aufgefangen wird.

§. 206.

Der vor einer Klause anzulegende Schwelldamm muß folgenden Forderungen entsprechen: 1.) muß derselbe hinreichende Festigkeit haben, um dem Seitendrucke des hinter demselben zu sammelnten Wassers vollkommen widerstehen zu können (§. 152.); 2.) müssen durch den Schwelldamm der Hauptklause zwey hinreichend weite und hohe Oeffnungen zunächst am Klausbette geführt seyn, welche beliebig geschlossen und geöffnet werden können (Lit. V und W bey 2, 3 und fh), damit durch selbe nicht nur die gesammelte Wassermasse beliebig durchgelassen werden, sondern auch das hinter der Klause in den Schwemmbach geworfene, oder von den Seitenklausen dahin geführte Holz ungehindert durchziehen kann. Bey den Seitenklausen, wo man das zu schwemmende Holz vor der Klause einwirft, wird die zur beliebigen Durchlassung des Wassers bestimmte Oeffnung vortheilhafter im Boden des Wasserbe-
79. hälters angebracht, wie bey c Fig. 79.; endlich 3.) muß oben auf dem Damm ein sogenannter Ablaß in Gestalt eines hölzernen Kanals angebracht seyn (wie bey z z und c, unter Lit.

V, W, und Fig. 79. bey a d zu sehen), damit bey geschlossener Klause das noch zufließenden Wasser abfließen kann, ohne daß dasselbe über die Oberfläche des Dammes laufe und denselben beschädige. Fig. 78. und 79.

Dem Schwelldamme die nöthige Feste und Dichtigkeit zu geben, wird besonders bey der Hauptklause, zuerst eine sogenannte Bürste geschlagen, darüber ein Rost gelegt, und hierauf werden die beyden Seitenwände f d und c (Lit. W) entweder von Stein oder gezimmerten Holz aufgeführt, sodann der nächst daran befindliche Raum mit Thon, und der übrige Zwischenraum mit gewöhnlicher Erde ausgefüllt, und fest gestampft. Weil der Schwelldamm durch die Thoröffnungen etwas geschwächt wird, so pflegt man ihm daselbst eine etwas größere Dicke zu geben. Der Schwelldamm an der im Jahre 1756 erbauten k. k. Hauptklause bey Leopoldsdorf nächst Alland hat 7 Klafter zur größten Dicke, und bey e d eine senkrechte Höhe = 15′, hinter welchem eine Wassermasse von 7527 Kubikklafter dermahlen, da das Bett der Klause schon sehr verschüttet ist, gespannt werden kann; außerdem könnte die gereinigte Klause um $\frac{1}{3}$ mehr Wassermasse enthalten, ohne daß der Schwelldamm einen größern Seitendruck zu erleiden hätte (§. 152.). Die Klausthore, nähmlich die eigentlichen Ausflußöffnungen, haben im Lichten 6′ zur Breite, und 5′ zur Höhe; der Raum der beyden Ausflußöffnungen selbst ist mit Quadern gewölbt, und im ganzen 12′ hoch und 9′ weit. Bey den Seitenklausen, die einander ziemlich gleichen, sind die Schwelldämme aus demselben Materiale, weil es in der Nähe leicht zu haben war, erbaut. Die Dicke a d (Fig. 79.) beträgt 18′, die senkrechte Höhe nächst d 9′, bey einer Wassermasse von 1073 Kubikklafter.

Damit die Ausflußöffnungen oder die Klausthore 2, 3 und h vor der Füllung der Klause gehörig geschlossen, und wenn es nöthig ist, leicht geöffnet werden können, so ist vor jedem eigentlichen, in Angeln sich bewegenden Thore ein sogenanntes Schutzbret oder Fallthor angebracht, wovon eines bey v 2 ganz geschlossen, das andere bey u 3, und i e

Fig. 78. und 79. aber zum Theil aufgezogen, durch punctirte Linien vorgestellt ist. Diese werden vor der Füllung der Klause, um das fließende Wasser abzusperren, ganz bis auf den Boden hinab gelassen, sodann die Thore, zu welchen man durch die gewölbten Treppengänge l l, und von außen auf der aus einem Baumstamme gebildeten Treppe d g oder mittelst der Leiter y kommen kann, zugemacht, der Hebel bey 2 und 3 vorgelegt, und die Fugen mit Moos, Heu oder Stroh gut verstopft, damit kein Wasser durchfließen kann.

Soll nun bey gefüllter Klause das Thor geöffnet werden, so wird zuerst das Schutzbret vermittelst des Hebels k i so hoch aufgezogen, als die Ausflußöffnung zur Höhe haben soll*). Sodann wird mittelst eines schon bereiteten, 4 Zoll im Gevierten starken hölzernen Balkens durch die Oeffnung bey x der zweyarmige Hebel bey 3 vom Thore weggestoßen, wodurch bewirkt wird, daß der sehr große Druck des Wassers (§. 153.) das Thor aufstößt, und durch die Oeffnung hineinströmt, wie bey f h zu sehen. Diese Operation heißt man die Klause schlagen, und so eingerichtete Klausen werden Schlag-Klausen genannt.

Bey den Seiten-Klausen ist die Vorrichtung zum Ablassen des Wassers einfacher. Unter einem auf 4 Säulen ruhenden Dache werden oberhalb des Wasserspiegels die zwey Zapfen, welche bey c eine 4seitige, abgestutzte Pyramide formiren, und bey n in eine metallene Schraubenspindel sich endigen, mittelst des Schraubenschlüssels nach Belieben in die Ausflußöffnungen hinein oder herausgeschraubt, und so die Klause gesperrt oder gezogen. Man nennt diese Zapfen-Klausen, und der unter Dach auf den vier Säulen ruhende, oben mit Bretern, unten

*) Das Aufziehen und Hinablassen der Fallthore kann mittelst einer oben am Balken des Daches befestigten Rolle (Fig. 28.), und eines aus zwey in der Erde befestigten Säulen oder Stützen gebildeten Haspel (Fig. 32.), auf welche das über die Rolle gehende Seil aufgewunden wird, viel leichter und geschwinder bewirkt werden.

aber, wegen des Wasserzuflußes auf die Oeffnung e, nur mit Latten verwahrte Verschlag, wird das Zapfenhaus genannt. Fig. 78. und 79.

Außer dem Gebrauche wird jede Oeffnung, durch welche der Schlagbalken auf den Hebel gestoßen wird, durch einen ausgehöhlten Stein mittelst eines Schlosses gesperrt, wie bey w (Lit. V.) zu sehen ist, daß die Oeffnungen durch Unreinigkeit nicht verrammelt werden können. Damit das durch die Hauptklause zu schwemmende Holz zwischen den Thoren nicht liegen bleibe und sich sperre, ist ein keilförmiger Abweiser gf angebracht, welcher das kommende Holz theilet, und an die Thoröffnungen hinweiset, wie dieß der Grundriß in Fig. 78. bey g versinnlicht.

Bey K ist die Wohnung eines oder zweyer Klausknechte, welche zur Schwemmungszeit stets, und auch außer dieser nöthigen Falles an der Hand seyn müssen. Eben so ist auch bey jeder Seitenklause die Wohnung eines Holzhauers angebracht, der zugleich die Aufsicht und das Ziehen und Schließen der Klause zu besorgen hat.

§. 207.

Um den Holzrechen seinen Zweck entsprechend anzulegen, muß derselbe 1.) die erforderliche Festigkeit erhalten, dem sehr starken Andrange des daran sich stemmenden Holzes zu widerstehen, und 2.) muß die mit dem Holze zugleich ankommende große Wassermasse hinreichenden Abfluß finden, d. i., es muß so viel Wasser abfließen können, als in der nähmlichen Zeit bey höchster Schwellung des Schwemmbaches zufließet. Dieß zu erreichen, wird wieder auf eine geschlagene Bürste ein Rost, der untere Rost uv gelegt, und auf diesen ein Boden von starken Bretern (Pfosten) befestiget, auf welchen sowohl das durch die kurzen Spindeln sw kommende, als auch das durch den obern Rost sss fallende Wasser abfließen kann.

In dem Grundrisse bey MN Fig. 78. zeigen die dunklen, senkrecht durchkreuzten Streifen den obern Rost, die zwey lichtern Streifen sind das in gleicher Höhe liegende Steinpflaster, welches mit dem obern Rost das eigentliche Bett des Rechens

Fig. 78. bildet. Die Puncte zwischen M und N zeigen die lothrecht stehenden Spindeln rq (Lit. U) an, und die parallelen Striche stellen die schief liegenden Spindeln op vor, welche unten und oben in hölzernen, zwischen den aus Quadern aufgeführten Pfeilern (deren nach der Breite des Flusses 4 bis 6 seyn können) befestigten Querbalken ruhen. Die senkrechten Spindeln stehen schachbretförmig hinter den schiefen, und sind so eingerichtet, daß man sie nach dem Gebrauche leicht herausnehmen, und dadurch dem leer fließenden Wasser freyen Durchgang verschaffen kann.

Um das ganze Wassergebäude gegen Unterwaschung und Zerstörung zu schützen, ist es gut, wenn man vor demselben quer über den Fluß auf einige in die Erde getriebene Pfähle einen Balken, und auf diesen eine schiefe Fläche von Pfosten befestiget, wie bey st Lit. U zu sehen ist.

Da, wo es das Locale wegen zuströmenden Seitenwasser bey schnellen Abgang des Schnees erfordert, werden, um dem Wasser noch mehr Abfluß zu verschaffen, vor dem Rechen einer oder mehrere Gräben, oder sogenannte Wasser-Ausfälle (Fehl-Bäche) SS ausgehoben, seitwärts des Rechens vorbey, und unterhalb desselben wieder in den Hauptbach geführt. Sie werden ebenfalls, um das Holz zurückzuhalten, mit schräg- oder lothrecht stehenden Spindeln, jedoch nur mit einer einfachen Reihe, hinter dieser aber mit Fach- oder Schutzbretern versehen, welche bey hohem Wasser aufgezogen, bey gewöhnlichem, bloß von der Klause kommenden Schwemmwasser aber hinabgelassen werden. Die bey dem Rechen sowohl, als bey den Fehlbächen durch die Spindel hier und da durchgehenden einzelnen Scheiter werden unterhalb mittelst des Griesbeiles wieder ausgespießt.

Bey T ist der Ausziehe- und Aufsetzplatz des geschwemmten Holzes. Bey L die Wohnung des Aufsichts- und Verschleißpersonales, nebst dem Behältnisse zu den Requisiten, u. dgl.

Nach der beschriebenen Art ist im Wesentlichen die k. k. Holzschwemm- Fig.
anstalt hinter Baden im sogenannten Wiener-Walde 78.
nun erbaut und eingerichtet. Theils weil das Locale die nöthigen Materialien darboth, theils weil die Erfahrung gelehrt hat, daß die anfänglich größere Auslage auf eine solide Bauart, in der Folge durch Ersparung an Reparatur reichlich ersetzt wird. Da, wo der Hauptschwemmbach nur eine geringe Wassermässe zu tragen hat, und andere günstige Localumstände es erlauben, können diese Wassergebäude allerdings schwächer, und daher mit weniger Kosten errichtet werden. So z. B. wäre es eben nicht nothwendig, durch den Schwelldamm einer Seitenklause ein Gewölb zu führen (Fig. 79.), sondern die hölzernen zwey Ausflußröhren können unter dem Damme ganz durchgeführt werden. Dagegen aber muß bey einer vorfallenden Reparatur der Damm von oben bis hinab zu den Röhren ausgegraben, und nachher wieder festgestampft werden. Da in höhern Gebirgen, wo eine Holzschwemme angelegt wird, meistens die zur Erbauung eines Gewölbes erforderlichen Steine in der Nähe sind, so kostet dasselbe fast nichts als die Maurerarbeit, und gewährt den wesentlichen Vortheil, daß man zu jeder Stunde den Ausfluß nöthigen Falles reinigen oder repgeiren kann.

II. Vom Schwemmen des Holzes selbst.

§. 208.

Das im Laufe des Sommers und Herbstes geschlagene und aufgearbeitete Holz wird im Winter bey Schnee mittelst Handschlitten*) an die Schwemmbäche der Seitenklausen vor die

*) Dasjenige Holz, welches auf der entgegengesetzten Bergabdachung des Schwemmthales geschlagen wird, wird auf sanft aufsteigenden, in die Bergwand geschnittenen, hin und her laufenden Wegen vermittelst Schlitten durch Ochsen bis auf den Bergrücken geschafft, und von da wieder durch die Holzknechte mittelst Handschlitten ab- und an den Schwemmbach gezogen. Ueberhaupt wird dasjenige Holz, welches vom Schwemmbache weit ab-, oder in einem Thale liegt, wo es sich wegen einer geringen Quantität nicht rentiren würde, eine Schwemme anzulegen, oder wo man durch fremde Gründe schwemmen müßte, u. dgl.,

Fig. 78. und 79. Ausflußöffnung derselben gebracht, daselbst, ungefähr 20 bis 30 Schritt entfernt, die erste Reihe Scheiter, hier Zain genannt, quer über den Bach, beyläufig parallel mit dem Schwelldamme aufgerichtet, und an diese das übrige Holz in dem Bache von den Schlitten nur abgeleert, oder nach Erforderniß auch quer über und so hoch aufgeschlichtet, als es sich thun läßt. Ist das zu schwemmende Holzquantum bey einer Seitenklause sehr groß, so werden auch an das im Schwemmbache schon aufgeschlichtete Holz, längs der beyden Ufer, wo es der Raum gestattet, Zaine in einer solchen Entfernung aufgerichtet, daß die Scheiter vermittelst der Griesbeile *) leicht in das Wasser geworfen werden können.

Wenn nun auf diese Art das Holz vor die Seitenklausen in- und an die Schwemmbäche gebracht ist, so wird (bey günstigem Wetter auch während der Zuziehung des Holzes schon) bey hinreichendem Schnee- oder Regenwasser angefangen zu schwemmen.

Zu diesem Behufe wird, wenn hinreichendes Vor-Wasser**) im Bache ist, nur Ein Zapfen, und nach Erforderniß selbst dieser nur halb aufgezogen, außer einem zureichenden Vorwasser aber, müßte dasselbe erst aus der Klause selbst, oder aus einer benachbarten, wenn hier nicht geschwemmt wird, gebildet werden. Wie nun das Wasser durch das im Schwemm-

---

und auf obige Art nicht zugebracht werden kann, auch auf der Achse an den Schwemmbach geführt.

*) Das Griesbeil ist gestaltet, wie das bekannte Feuerlösch-Geräthschaft, der Feuerhacken genannt, in dessen Hülse eine 6 bis 8 Schuh lange, 1½ Zoll dicke Stange befestiget ist,

**) Unter Vor-Wasser versteht man diejenige Wassermenge, welche sich im Schwemmbache aus dem von beyden Seiten zufließenden wilden Schnee- oder Regenwasser vor der Eröffnung einer Klause bildet, wodurch die Vertiefungen und Wendungen des Flußbettes gänzlich und so ausgefüllet werden, daß nachher das nachfolgende eigentliche Schwemmwasser bloß zur Tragung und Fortführung des Holzes verwendet werden kann.

bache aufgeschlichtete Holz zum Vorschein kommt, so werfen die auf dem vordern Holzzainen schon in Bereitschaft stehenden Schwemmknechte die Scheiter mittelst des Griesbeiles, oder nach Thunlichkeit, mit ihren Schultern anlehnend, auch ganze Partien zu halben Klaftern und mehr in das Wasser, welche von diesen in einzelne Scheiter aufgelöst und fortgetrieben werden. Fig. 78. und 79.

Auf diese Art wird mit dem Holzeinwerfen so lange fortgefahren, als das Wasser in der Klause hinreicht, dasselbe fortzuführen, und bis alles im Bache geschlichtete Holz fortgeschafft ist, sodann werden auch die längs den Ufern des Baches aufgerichteten Holzzaine auf die nähmliche Weise eingeworfen. Während dieser Arbeit gehen einige Schwemmknechte am Schwemmbache voraus, und helfen dem Holze, wenn es irgendwo wegen Hinderniße, als: großen Steinen, Biegungen, u. dgl. ins Stocken kommen sollte *), mittelst der Griesbeile nach, weil sonst das nachschwimmende Holz den Bach verlegt, und zwischen hohen Uferwänden sich aufhäuft, wodurch das Schwemmgeschäft verzögert, bey flachen Ufern aber das Wasser sogleich seitwärts ein anderes Bett sich ausgraben würde.

Mit Einem Wasser einer Seitenklause, d. i. mit der Wassermasse, welche die ganz gefüllte Klause enthält, kann in der Zeit von 1½ Stunden, während welcher die Klause sich ausleert, ein Holzquantum von 500 Klaftern bis an die Hauptklause geschwemmt, daher mit vier Wässern, die zu Einer Seitenklause gewöhnlich zugezogene Holzmasse von 1500 bis 2000 Klaftern abgeschwemmt werden.

So wie in der Klause die Druckhöhe des Wassers und mit ihr auch die ausfließende Wassermasse kleiner und schwächer wird (§. 180.), so wird Ein Zapfen ganz, und gegen das Ende auch der zweyte Zapfen halb aufgezogen. Wenn man aber mit dem

*) Solche Biegungen wie bey J, wo das Holz meistens ins Stocken geräth, und bey flachen Ufern leicht hinaus getrieben wird, und liegen bleibt, werden, wo möglich, durchgegraben.

Fig. 78. und 79. sogenannten Ort, d. i., mit dem Ende des in der Schwemme liegenden Holzes, von der Klause schon so weit entfernt ist, daß das Wasser bis daher an Kraft verliert, so werden auch beyde Zapfen ganz aufgezogen, um, wie man zu sagen pflegt: mit dem Ende weiter zu kommen, und gegen die Hauptklause immer mehr vorzurücken.

Da bey einer größern Schwemmanstalt auch ein größeres Arbeitspersonale vorhanden ist, wozu gewöhnlich die im Walde arbeitenden Holzhauer-Familien verwendet, und wenn das Schwemmgeschäft, wegen schnell abgehenden Schnee dringend wird, auch andere Arbeitsleute zu Hülfe genommen werden; so wird das Arbeits- und Leitungspersonale an alle jene Seitenklausen, die wegen ihrer örtlichen Lage vor andern hinlängliches Schneewasser erhalten, vertheilt, und das Schwemmen nach der oben beschriebenen Weise forgesetzt.

Anfänglich trachtet man nicht so sehr, Holz an den Rechen zu bringen, als vielmehr mit dem Ende eines jeden Seitenbaches die Hauptklause zu erreichen, und durch selbe hindurch zu kommen. Zu diesem Behufe werden einige Arbeiter am Bache voraus geschickt, die das an den Ufern liegen gebliebene Holz einwerfen, während 3 bis 4 oder mehrere sogenannte Stiefelknechte *) in den Bach am hintersten Ende des in der Schwemme liegenden Holzes eingestellt werden, welche die im Bache an großen Steinen u. dgl. sich festgelegten Scheiter mit dem Griesbeile losmachen, nachtreiben, und so den Bach von hinten nach reinigen.

Hat man bey einigen Seitenklausen gänzlich abgeschwemmt, so wird nun bey den übrigen noch zurückgebliebenen eine größere Kraft angewendet, um auch von diesen das Holz durch, und vor die Hauptklause zu bringen, wozu eine größere Anzahl Arbeiter, und auch das Wasser von bereits ab-

*) Hierzu werden die stärksten und rüstigsten Holzhauer ausgewählt, welche Stiefel von Juchten erhalten, die bis über die Hüften reichen, und daselbst wie Beinkleider befestiget werden.

geschwemmten, und zur Unterstützung dienenden Klausen verwendet wird. Fig. 78.

§. 209.

Bisher waren die Thore der Hauptklause immer offen gehalten, wie aber alles Holz durch selbe passirt ist, so werden sie geschlossen (§. 206.). Das Holz, welches, während dieser Manipulation hinter der Hauptklause, am Rechen angekommen ist, wird daselbst auch sogleich ausgezogen und aufgerichtet, damit die nun nachfolgende grössere Masse Platz findet, auch das Holz durch das längere Liegen im Wasser nicht zu sehr ausgelaugt wird, und dadurch an Brennkraft verliert.

Während die Hauptklause sowohl, als auch alle Seitenklausen sich füllen, werden die Arbeiter längs am Schwemmbache, so weit sie von jener an reichen, vertheilt, an welchem sie das vom Schwemmwasser an den Ufern zerstreut liegen gelassene Holz theils in den Bach werfen, theils so nahe als möglich an denselben in Zaine aufrichten, von wo aus dasselbe sodann in das fließende Wasser geworfen wird.

Ist diese Zurichtung geschehen, und hat der Schwemmbach hinreichendes Vorwasser, so wird Ein Fallthor 2, oder nach Erforderniß $2\frac{1}{2}$ bis 3 Schuh hoch aufgezogen, und die Klause geschlagen (§. 206.). Ist der Schwemmbach fast ohne Vorwasser, so verschafft man sich dasselbe von einer der vor der Hauptklause liegenden Seitenklause, deren Wasser bey R in den Hauptbach kommt. Früher schon werden einige Arbeitsleute von der Hauptklause an längs dem Bache angestellt, welche das Holz in das kommende Wasser werfen, und einige, die das in's Stocken kommende Holz mittelst der Griesbeile zertheilen, und weiter befördern; die Stiefelknechte endlich werden gleich am sogenannten Ende eingestellt, welche das Holz nachtreiben, und nun, von der Hauptklause ab gegen den Rechen zu, den Schwemmbach nach und nach reinigen.

Auch wird durch den dirigirenden Schwemmbeamten früher schon bestimmt, welche von den Seitenklausen zuerst, und

Fig. 78. zu welcher Stunde jede nachfolgende, vermög ihrer Entfernung und Wassermasse, nach und nach gezogen werden soll, damit der Wasserspiegel in der Hauptklause in ziemlich gleicher Höhe, folglich im Schwemmbache stets ein gleich starkes Wasser erhalten werde. Diejenigen Seitenklausen, welche zuerst ausgeleert, und denselben Tag sich wieder füllen, können erforderlichen Falls noch Einmahl benützt werden.

Die Wassermasse im Schwemmbache vermehren zu wollen, um das Schwemmgeschäft zu beschleunigen, wäre zwecklos, weil dadurch der Wasservorrath zu früh consummirt würde, ohne ihn gehörig benutzen zu können. Denn nicht durch eine große, hoch laufende, aber nur kurz andauernde Wassermasse wird viel Holz an den Rechen befördert, sondern durch ein Wasser, welches gerade so hoch läuft, daß es diejenige Holzmasse, welche die ganze Breite des Schwemmbaches dicht überdeckt, über das von Steinen rauhe Flußbett ungehindert hinweg führt, und dabey um so länger anhält. Ueberdieß würde ein hohes Schwemmwasser an niedrigen Stellen die Ufern überschreiten, sich dort ausbreiten, und das mitgenommene Holz daselbst liegen lassen, sobald das Wasser wieder niedriger und schwächer läuft. Wenn daher das eigentliche Schwemmwasser bey schnell abgehenden Schnee durch die wilden Seitenwässer so stark vergrößert wird, daß eine solche Verbreitung des Holzes unvermeidlich ist, so muß dasselbe wieder an die eigentlichen Ufern des Schwemmbaches gebracht werden. Zu diesem Ende werden nach Erforderniß der Breite zwey, drey oder mehrere Reihen Arbeiter hintereinander gestellt, von welchen die äußerste Reihe das Holz der zweyten, diese der dritten, u. s. w. bis an das Ufer vermittelst der Griesbeile zuwirft. Hier wird es längs der Ufer in Zaine wieder so hoch als möglich, und wenn es nöthig ist, in zwey oder drey Zainen hintereinander aufgerichtet, daß man jedoch von den hintersten Zain die Scheiter noch leicht in das fließende Wasser werfen kann.

Während auf diese Art das Holz wieder, wie man zu sagen pflegt: zugerichtet (an die Ufer gebracht) ist, können

sich die Klausen wieder alle gefüllt haben. Ist dieses, so wird in der Hauptklause nun das zweyte Thor geschlagen, und so wird in der Folge immer wechselweise das eine und sodann das andere Thor geöffnet, damit der Schutt von Schlamm, Sand und Steinen, welcher sich immer vor dem geschlossenen Thore lagert, wieder durchgeführt werde. Mit dem Schwemmgeschäft wird nun nach der oben beschriebenen Weise fortgefahren, bis alles Holz vor dem Rechen am Ausziehplatz angekommen ist, so zwar: daß in der Regel immer wechselweise einen Tag zugerichtet, und am andern Tag (bey möglichst kleinem Wasser) geschwemmt werde, wovon man nur durch besondere Umstände genöthigt abweicht. Fig. 78.

In den k.k. Schwemmwaldungen sind nebst der Hauptklause noch 13 Seitenklausen, wovon 11 hinter und 2 vor jener liegen. Die vordern zwey werden, wenn durch sie selbst nicht geschwemmt wird, bloß zur Verstärkung des Schwemm- oder zur Bildung des Vorwassers im Hauptbache verwendet. Die übrigen 11 Seitenklausen liefern ihr Wasser alles in die Hauptklause, und sind so vertheilt, daß durch sie der Ertrag einer Waldfläche bey 15000 Joch jährlich abgeschwemmt werden kann. Im Durchschnitte hält jede der 11 Klausen bey 1100, und die Hauptklause bey 7500 Kubikklafter, also zusammen $11.1100 + 7500 = 19600$ Kubikklafter $= 19600.216 = 4233600$ Kubikfuß Wasser. Bey gewöhnlichem Schwemmwasser wird das 6 Schuh breite Thor an der Hauptklause $2\frac{1}{2}$ Schuh hoch aufgezogen *), also ist die Ausflußöffnung $6.\frac{1}{2} = 15$ q′ groß. Die anfängliche Druckhöhe dc ist 15

*) Das Fallthor wird gewöhnlich nur höher, etwa 3 bis 4 Sch. aufgezogen: 1.) wenn man mit dem Ende schon weit von der Hauptklause entfernt ist, um das Wasser zu verstärken, welches längs einer beträchtlichen Entfernung sich sehr vertheilet, und dadurch geschwächt wird; oder 2.) wenn dem vor dem Ausziehplatz in der Schwemme liegenden Holze am Rechen nachgeholfen werden soll.

Fig. 78.

Schuh, im Durchschnitte kann man sie auf 12′ setzen, weil wegen Verspättung des Wassers von einer der Seitenklausen, der Wasserspiegel in der Hauptklause öfters um einige Schuh tiefer sinkt.

Vermög §. 180. findet man, daß die obige Wassermasse sehr nahe 5¼ Stunden, und mit dem während dieser Zeit noch zufließenden Wasser 6 Stunden braucht, um ganz abzufließen, während welcher Zeit gewöhnlich 2000, oft auch 3 bis 4000 Klafter Holz am Rechen, der bey 7 Stunden von der Hauptklause entfernt ist, anlangen *). Werden auch die zwey vordern Seitenklausen, und diejenigen der hintern, welche sich an Einem Tage etwa zwey Mahl füllen, zu Hülfe genommen, so hält das Schwemmwasser auch 8 Stunden an. Man pflegt die Wassermasse aller Klausen zusammen, mit welchen während eines Tages geschwemmt wird, Ein Wasser zu nennen. Mit 6 bis 7 Wässer werden gewöhnlich 16 bis 20000 Klafter Holz von der Hauptklause bis an den Rechen geschwemmt. Ein Wasser muß ohne Rast durchgeführt werden, d. i., die Arbeiter dürfen während dieser Zeit keine Mittagsstunde halten, um das Wasser möglichst zu benützen.

Damit das zu schwemmende Holz leichter austrockne, und zum Schwemmen geeigneter werde, wird es etwas kleiner als das sogenannte Achsholz (welches auf Wägen verführt wird), gespalten, so daß bey den 34½ Zoll langen Scheitern die größte Dicke von einer Kante bis zur andern 5 bis 6 Zoll beträgt. Aus den §. 163. verzeichneten specifischen Gewichten der Körper er-

*) Man denke sich in der Figur 78 unter der Strecke von A B bis M N eine Entfernung von 7 bis 8 Stunden, welche das Holz im Schwemmbache in verschiedenen Wendungen zwischen Bergen während 3 Stunden durchläuft.

Das Gefäll des Hauptschwemmbaches durch obige Strecke, d. i., von der Hauptklause bis zum Holzrechen, habe ich, nach einer barometrischen Messung, 63 Kl.; von der entferntesten und höchsten Seitenklause bis zur Hauptklause, durch eine Strecke von 3 Stunden, 76 Klafter gefunden.

sieht man, daß die Holzgattungen in halbtrockenem Zustande bey Schnee- und Regenwasser alle, bey klarem Flußwasser aber nur die geringeren Gattungen geschwemmt werden können (§. 162. Zusatz). Nichts desto weniger aber schwimmen auch bey trübem Schwemmwasser die ästigen, verwimmerten, 2 bis 2½ Schuh dicken Klötze, wenn sie halb trocken sind, die immer ein etwas größeres specifisches Gewicht als das gerade gewachsene Holz haben. Diejenigen von dieser Holzsorte, welche sich zu Boden senken, die sogenannten Senklinge, werden nach Endigung der Schwemme bey kleinem Wasser ausgezogen, die entfernten an Partheyen veräußert, die nähern aber auf den Aufrichtplatz geführt. Fig.

Das Sortiren des Holzes im Walde wäre zwecklos, weil es in der Schwemme doch wieder untereinander käme; es wird daselbst nur in Klaftern mit 3" Uebermaß (als Darrschichte wie bey den Achshölzern) aufgerichtet, und nachher am Aufrichtplatze sortirt.

Ein Theil des zur Schwemme bestimmten Holzes muß hier, gegen die forstwissenschaftlichen Grundsätze, darum während des Sommers geschlagen werden, weil nur mittelst des Schneewassers geschwemmt werden kann, welches öfters schon Ende Februars benutzt werden muß, und die Holzhauer sogleich bey der Schwemme verwendet werden. Außer diesen würde, nebst den hier angesiedelten Holzhauern, ein zweyfaches Personale nicht zureichen, das zu schwemmende Holzquantum zur gehörigen Zeit zu schlagen, aufzuarbeiten, und zuzuziehen, welchem man nachher in der übrigen Zeit keine Arbeit und keinen Verdienst geben könnte.

§. 210.

Wie vortheilhaft eine zweckmäßig eingerichtete Schwemmanstalt in großen Waldungen sey, wo außer dieser ein großer Theil des schönsten Holzes ungenützt verfaulen müßte, erhellet aus dem beträchtlichen Unterschiede, welcher aus der Vergleichung der Kosten auf der Schwemme und auf der Achse pr. Klafter hervorgeht. Der Kostenbetrag, welcher auf Eine Klafter, an jährlicher Reparatur der zur Schwemme gehörigen Wassergebäude, des Schwemmbaches selbst, dann an Ausbringer- und Aufrichterlohn des Holzes am Rechen (die übrigen Kosten, als: Holzfäller- und Abzieherlohn,

Fig. Verwaltungskosten, u. dgl., welche die Schwemmwaldungen mit den Achswäldern gemein haben, sind hier nicht zu rechnen), nach einer zehnjährigen Durchschnittsrechnung kommt, dürfte kaum den 10ten Theil erreichen, welcher für Eine Klafter auf der Achse an die nähmliche Stelle zu führen, nur von den näher liegenden Theilen der Schwemmwaldungen, zu bezahlen wäre. Von den entferntern, wo ein Wagen 3 bis 4 Tage zubringen müßte, um Eine Klafter herauszubringen, würde der Fuhrlohnsbetrag bey weitem das Doppelte des Verkaufspreises übersteigen.

Die sogenannte Schwendung *), welche sonst 15 bis 20 Procent betragen hatte, ist nun auf 2½ bis 3, und im gegenwärtigen Jahre 1820 gar auf 1 Procent herab gebracht worden, indem das k. k. Obersthof- und Landjägermeister- und nied. öst. Waldamt, auf Vorschlag des sehr thätigen und einsichtsvollen Schwemm-Directors, Hrn. Ferdinand Krippel, manche Vorurtheile **) und eingeschlichene Mißbräuche abgestellt, und zweckmäßige Anordnungen beym Schwemmgeschäfte überhaupt eingeführt hat.

*) Hierunter versteht man den Abgang des Holzes, welcher während des Schwemmens, durch Abstoßung der Rinde, verschiedener Splitter, durch verschlemmte Senklinge, durch Entwendung u. dgl. verloren gehet, daher bey jeden 100 im Walde aufgesetzten Klaftern, z. B. um 3 Kl. weniger am Holzrechen aufgerichtet werden können, und in welchem Falle man zu sagen pflegt: man habe 3 Procent Schwendung.

**) Unter diese gehört unter andern dasjenige, daß man glaubte, das Holz müsse sehr dünn gespalten, und 1 Jahr lang im Walde aufgerichtet stehen, um vollkommen dürr, und zum Schwemmen geeignet zu werden. Der dadurch dem Unterwuchse zugezogene beträchtliche Schaden mußte den Sachverständigen auffallen; nicht zu gedenken, was während eines Jahres, ungeachtet einer strengen Aufsicht, an Materiale verloren, mithin der Forstkasse entging.

Fünfter Abschnitt.

Von der Bewegung des Wassers durch den Druck der Luft, mit Anwendung auf einige der im bürgerlichen Leben gebräuchlichsten Wassermaschinen.

Fig.

§. 211.

Jede unter einem beliebigen Winkel gebogene, an beyden Enden offene Röhre ABC, von Glas oder Blech, welche dient, Flüssigkeiten von irgend einem Orte nach einem tiefer liegenden zu leiten, heißt man einen Heber (Winkelheber). Bringt man die eine Oeffnung C des Hebers in ein Gefäß unter Wasser, während man bey der andern Oeffnung A durch irgend ein Mittel, z. B. durch das Saugen mit dem Munde, die Luft aus der Röhre zieht, so wird durch die äußere, auf die Oberfläche des Wassers mn drückende Luft sogleich Wasser in den luftverdünnten Raum aufwärts bis B getrieben, und von hier vermög der eigenen Schwere herab nach A fallen. 71.

Wenn nun folgende Bedingungen Statt finden:

1.) daß die Oeffnung C eines Schenkels ganz unter der Oberfläche des Wassers sich befinde,

2.) daß die senkrechte Höhe rB des höchsten Punctes B der Röhre über dem Wasserspiegel nicht mehr als 31 bis 32 Schuh betrage, und

3.) daß die Ausflußmündung A des andern Schenkels tiefer liege als der Wasserspiegel mn;

so läuft nicht nur alles in der Röhre befindliche Wasser, sondern auch das Wasser im Gefäße bey der Oeffnung A heraus. Der Grund hiervon ist dieser:

In beyden Schenkeln der Röhre sind zwey Wassersäulen enthalten; in dem einen die kürzere CB, und in dem andern Schenkel die längere AB; jedoch müssen beyde Längen nicht nach der Figur der Röhre, sondern nach den senkrechten Hö-

Fig. 71. hen BE und BD gemessen werden. Die Luft drückt gegen die Oeffnung A eben so gut aufwärts, als auf den Wasserspiegel m n abwärts, und man kann den Druck der äußern Luft auf den Wasserspiegel bey C und auf das Wasser in der Mündung bey A als gleich annehmen, weil der unendlich kleine Unterschied, um was nähmlich die Mündung A tiefer liegt als der Wasserspiegel, in Hinsicht auf die Höhe der Athmosphäre als Null anzusehen ist. Dagegen aber sind die Gegendrücke der Wassersäulen in den Schenkeln AB und BC ungleich; in AB drückt eine längere Wassersäule herunterwärts als in AC, welche vermög ihrer größern Schwere gegen die auf die Oeffnung A drückende Luft das Uebergewicht bekommt und herausströmt, wodurch nun das oben bey B befindliche Wasser herab nach A fällt; in eben demselben Augenblicke aber anderes Wasser durch die Luft, welche auf den Wasserspiegel m n druckt, von C hinauf nach B getrieben, und wieder zum Herabfallen nach A vorbereitet, und so fortwährend zum Ausfließen gezwungen wird, so lange die obigen Bedingungen Statt finden.

Wären die senkrechten Höhen BE und BD der beyden Schenkeln einander gleich, mithin auch die Höhen ihrer Wassersäulen (§. 211.), so könnte das Wasser durch den Schenkel BA nicht ablaufen, weil gleicher Druck der Luft und gleicher Gegendruck der beyden Wassersäulen einander aufheben würden (§. 36. 1.). Und wäre die senkrechte Höhe des Schenkels BA gar kürzer als jene des Schenkels BC, nähmlich wäre BD < BE; so müßte das Wasser in dem Heber nach C wieder zurück laufen. Man sieht aber leicht ein, daß man einem Heber mit gleich langen Schenkeln (oder auch, wenn selbst der außerhalb des Wassers etwas kürzer wäre) eine solche Stellung geben kann, daß obige Bedingnisse Statt finden, folglich auch der Abfluß des Wassers erfolgen muß.

§. 212.

Daß der höchste Punct des Hebers immer unter 32 Fuß über den Wasserspiegel liegen muß, kommt daher, weil, nach genauen Versuchen, der Druck der äußern Luft eine Wassersäule nur bis auf diese Höhe im Gleichgewichte erhält; welches auch

die tägliche Erfahrung bey den gemeinen Haus- oder Pumpbrunnen unmittelbar, und bey den Barometern dadurch bestätigt, daß eine Queckſilberſäule, welche mit einer 14 Mahl längern Waſſerſäule von gleichem Durchmeſſer gleiches Gewicht hat, durch den Druck der athmoſphäriſchen Luft auf 28″ Höhe erhalten wird, und welche 14 Mahl genommen ebenfalls ſehr nahe 32 Fuß geben, nähmlich $28'' . 14 = \frac{28' . 14}{12} = 32\frac{1}{3}$ Fuß. Fig.

§. 213.

Wie man ſich des Hebers zur Ausleerung großer Fäſſer durch ihre Spundlöcher bedient, iſt bekannt. Wird er aber zu einer größeren Weite und Länge ausgearbeitet, ſo iſt derſelbe eine der einfachſten und vortheilhafteſten Waſſermaſchinen. Denn iſt er einmahl an ſeine Stelle und zum Ziehen gebracht, ſo kann man der Luft allein alles überlaſſen; es wird keine andere Kraft erfordert, die Wirkung zu erhalten oder zu erneuern, und man kann dadurch Waſſer aus einem Behälter über eine Anhöhe, die weniger als 32 Fuß beträgt, in eine niedrigere Gegend auf beliebige Entfernung nach folgender Art hinleiten. Der aus luftdichten Röhren verfertigte Heber A B C wird an ſeinem höchſten Puncte B mit einer Oeffnung verſehen, die ſich luftdicht verſchließen läßt. Wenn nun ein ſolcher Heber aus dem Waſſerbehälter a g n p von A über die Anhöhe B bis in die niedrige Gegend C hingeleitet iſt, ſo werden beyde Oeffnungen A und C hinlänglich, entweder mit angebrachten Hahnen oder auf irgend eine Art feſt verſchloſſen, B aber geöffnet, und durch dieſe letzte Oeffnung der Heber mit Waſſer gefüllt. Wird hierauf B geſchloſſen und A geöffnet, ſo wird das Waſſer in der Röhre A B durch den Druck der Athmoſphäre in der Höhe erhalten, ſo wie auch der andere Theil des Hebers B C noch mit Waſſer gefüllt bleibt. Oeffnet man endlich C, ſo wird hier das Waſſer ununterbrochen mit einer der Höhe q H zugehörigen Geſchwindigkeit ausfließen. Eine ſolche Einrichtung nennt man einen **Bergheber**. 69.

Fig. 69.

§. 214.

Aus der Eigenschaft des Hebers lassen sich nun verschiedene Erscheinungen in der Natur erklären, welche durch das Wasser mittelst des Druckes der athmosphärischen Luft bewirkt und hervorgebracht werden. Wenn z. B. ein zwischen Bergen eingeschlossener Teich oder See a g n p mit einem unterirdischen Kanal n q J, entweder unmittelbar in Verbindung steht, oder erst nach und nach durch Hinwegschaffung eines etwa bey u vorhandenen Hindernisses in Verbindung kommt, so steigt das Wasser in demselben bis m, bis es nähmlich mit dem äußeren Wasserspiegel a p gleich hoch steht (§. 147. 2.). Bey dieser Höhe des Wassers läuft durch die allenfalls offene Mündung J des Kanals noch kein Wasser heraus; sobald aber der Wasserspiegel von außen durch Zuflüsse von Regen- oder Schneewasser höher, etwa bis zur Höhe F G steigt, so theilt sich diese Erhöhnng auch dem unterirdischen Kanal mit. Erreicht das Wasser den höchsten Punct q des Kanals, so fällt es vermög seiner eigenen Schwere gegen die Oeffnung J herab, und fließt hier so lang heraus, als die drey Bedingnisse §. 211. Statt finden. Wäre die Ausflußöffnung des unterirdischen Kanales etwa durch eine Erdschichte L J noch geschlossen, so wird durch die Schwere und den Druck des Wassers die zwischen q und L eingeschlossene Luft so stark zusammengepreßt, daß die Wand der Decke bey L J einem der Höhe q J und der Größe der gedruckten Flächen bey L J verhältnißmäßigen Druck erleidet (§. 150.), der in manchen Fällen so stark seyn kann, daß das Hinderniß bey L J berstet, und vermög der Elasticität der stark gepreßten Luft fortgeschleudert wird.

Aus diesem Beyspiele erhellet auch, warum Teiche oder Seen nach einem erhaltenen Wasserzufluß zum Theil oder ganz (auf eine Zeitlang) vertrocknen können, wohin besonders der bekannte Zirknitzer See in Krain zu rechnen ist. Auch lassen sich die sogenannten intermittirenden, (unterbrochenen) Quellen (auch Hungerquellen genannt) leicht erklären, u. dgl. m.

Bey dem Kanal von Languedoc ist durch Kunst die Heberwirkung im Großen angewendet. Da dieser

Kanal an einigen Stellen am Abhange von Gebirgen fortläuft, Fig.
und daher das von diesen Bergen abfließende Wasser aufnehmen muß, so würde eine demselben schädliche Ueberströmung entstehen, wenn sie nicht durch irgend ein Gegenmittel vermieden worden wäre. Dieß zu erreichen, hat man große gemauerte Heber angebracht, deren höchster Punct in der Horizontalfläche des höchsten Wasserstandes im Kanale sich befindet. Der kürzere Schenkel derselben reicht bis an den Boden des Kanals, der längere geht über den Abhang des Gebirges herab. Das Wasser würde nun, wenn die Heber einmahl gefüllt und im Zuge sind, so lange ausfließen, bis der Kanal geleert wäre; dieses jedoch zu verhüthen, hat man an dem kürzern Schenkel in einer gewissen Höhe ein Loch angebracht, wodurch die fernere Wirkung des Hebers aufhört, sobald das Wasser im Kanale bis zu diesem Loche gesunken ist, und Luft eindringen kann.

Da der Druck der athmosphärischen Luft mit dem Drucke einer Quecksilbersäule von 28 Zoll Höhe im Gleichgewichte steht, so kann man hieraus schließen, das der Druck der Athmosphäre über der Fläche so groß sey, als das Gewicht einer Quecksilbersäule, welche die gedrückte Fläche zur Grundfläche, und die Höhe des Quecksilbers in der Barometerröhre zur Höhe hat. Ein Kubikfuß Quecksilber wiegt 790 Pfund; der Druck der Luft über einer Fläche von 1 Quadratfuß ist also $= 790 . 28'' = 790 . 2\frac{1}{3}' = 790 . \frac{7}{3} = 1843$ Pf.

Die Oberfläche des Körpers eines erwachsenen Menschen kann man im Durchschnitte auf 15 q′ setzen; die ihn umgebende Luft drückt also mit einem Gewichte von $1843 . 15 = 27645$ Pfund. Daß wir diesen ungemein großen Druck nicht fühlen, kommt daher, weil sowohl der Druck der uns von außen umgebenden Luft von allen Seiten gleich auf uns wirkt, als auch, weil die in unserm Körper befindliche Luft der äußern das Gleichgewicht hält; folglich ist der Druck von allen Seiten gleich stark, und daher für uns unfühlbar.

§. 215.

Eine der nützlichsten hydraulischen Maschinen ist die Pumpe. Man theilt sie ein, in Saug- oder Hebepum-

Fig. pen, und in Druckpumpen. Erstere nennt man auch Heb- oder Saugwerke, und letztere Druckwerke. In jenen wird das Wasser durch die Wirkung der Luft aufwärts gezogen, in diesen wird es durch mechanische Kräfte vermittelst eines festen Körpers in die Höhe gepreßt. Oefters werden beyde zu Einer Wirkung verbunden, und manchmahl wird auch noch die Elasticität der Luft benützt, wie z. B. bey den Feuerlöschspritzen der neueren Art.

Von den Saugwerken.

§. 216.

Ein Saugwerk besteht im Wesentlichen aus folgenden Stücken:

1.) aus mehreren aneinander gefügten, zylinderisch ausgebohrten, hölzernen oder metallenen Röhren, A, B, C.

72.

2.) aus einer Pumpröhre oder dem sogenannten Stiefel, a b d c, welcher, der längern Dauer wegen, gewöhnlich von Metall ist.

3.) aus einem Stempel oder Kolben f, der in seiner Mitte hohl, und entweder mit einem Muschel-Ventile e, g, oder Klappen-Ventil h, i versehen ist, und vermittelst einer eisernen Stange k, und eines Hebels HM (oder einer andern Vorrichtung) in dem Stiefel auf- und abbewegt wird.

4.) aus einem besondern Ventil, auf welchem der Stiefel unmittelbar aufsitzt, und entweder ein Muschelventil wie g, (welches bey D auch im Grundrisse vorgestellt ist), oder ein Klappenventil, wie i, h, D seyn kann.

Dieses Ventil, das Stiefelventil genannt, wird nie über 32 Fuß hoch, sondern jedes Mahl unter dieser Höhe (§. 212.) zwischen der Zusammenfügung zweyer Röhren eingesetzt und befestiget.

Alle oberhalb des Stiefels stehenden Röhren heißen Steigröhren, und dienen, das in die Höhe steigende Was-

ser an den bestimmten Ausfluß hinzuleiten; die unter dem Stiefelventil befindlichen Röhren, sie mögen von Holz oder Metall seyn, werden Saugröhren genennt, wovon die unterste mit ihren Seitenöffnungen qq jedes Mahl unter dem Wasserspiegel PQ zu stehen kommt. Fig. 72.

Aus dem Bisherigen erhellet, daß das Wasser in den Röhren der Pumpen durch Hülfe der Kolben entweder gehoben oder gedrückt, und hierdurch in Bewegung gesetzt werde. Diese Kolben bestehen gewöhnlich aus mehreren übereinander zusammengeschraubten ledernen Ringen, wie in Fig. 73. bey A, und 74. bey C zu sehen ist, und die alle in die Röhre, oder in den Stiefel, worin der Kolben auf- und abspielen soll, genau passen müssen. Oefters wird der Zylinder des Kolbens, anstatt von Leder, ganz von Metall gemacht, und genau in den Stiefel eingerieben. Diese metallenen Kolben sind besonders bey Feuerspritzen sehr vortheilhaft, weil das Leder sehr eintrocknet, wenn es nicht immer naß erhalten wird. 73. und 74.

§. 217.

Wenn es die Umstände erlauben, das Wasser mit einem einzigen Kolben senkrecht (oder auch schief) bis zu seinem Ausguße N in die Höhe zu heben, wie dieses bey den gewöhnlichen Hausbrunnen fast immer der Fall ist, so bedient man sich gemeiniglich der Hebe- oder Saugwerke. 72.

Ihre Wirkung erhellet aus dem Folgenden: Wird der Kolben bis zu einer gewissen Höhe, z. B. bis e aufwärts gezogen, so wird die zwischen demselben und dem Wasserspiegel in der Röhre befindliche Luft verdünnt, dadurch bekommt die äußere auf den Wasserspiegel PQ drückende Luft das Uebergewicht, und drückt das Wasser in der Saugröhre in die Höhe, dieses stoßet das Stiefelventil g auf, und dringt durch die entstandene Oeffnung in den Raum des Stiefels. Wenn nun die Stange k sammt dem Kolben wieder abwärts gegen g, etwa bis f gedrückt wird, so schließt sich das Stiefelventil durch das darauf drückende Wasser; dieses aber sucht sich durch das leicht sich öffnende Kolben-Ventil einen Ausweg in die Steigröhre aufwärts. Zieht man nun den Kolben wieder in die Höhe bis e,

Fig. 72. so wird jetzt das Kolben-Ventil, vermöge des Druckes des bereits oberhalb desselben stehenden Wassers sich schließen, und dieses zurück zu sinken hindern. Hingegen wird wegen des entstandenen leeren Raumes zwischen dem Kolben- und Stiefel-Ventil anderes Wasser durch den Druck der äußern Luft genöthigt, neuerdings durch das leicht sich öffnende Stiefelventil in den Stiefel zu dringen.

Wird nun auf diese Art fortgefahren, den Kolben wechselweise auf- und nieder zu bewegen, so wird zu dem bereits oberhalb des Kolbens befindlichen Wasser immer anderes durch das wechselweise Oeffnen und Schließen der beyden Ventile in die Höhe über den Kolben gebracht, bis endlich die über demselben in der Steigröhre sich gesammelte Wassersäule so hoch wird, daß sie durch die Ausgußröhre N abfließen kann.

Der Widerstand, der sich in einem Hebewerke der Kraft am Kolben bey dessen Aufziehen entgegen setzt, nachdem die Steigröhre bis zur Ausgußöffnung mit Wasser gefüllet ist, besteht nebst der Reibung aus dem Gewichte einer Wassersäule, welche die Kolbenfläche oder den Querschnitt des Stiefels zur Grundfläche, und die Erhöhung der Ausgußöffnung über den Wasserspiegel des Behälters zur Höhe hat, wozu auch noch das Gewicht der Kolbenstange in Wasser und des Kolbens selbst zu rechnen ist. Dieses Gewicht, wie auch das Gewicht der Wassersäule, wird bey den gewöhnlichen Pumpenbrunnen meistens mittelst eines doppelarmigen Hebels r H oder mittelst eines solchen Hebels und des Zugschwengels in's Gleichgewicht gesetzt, so daß beym Wasserpumpen eigentlich nur die Reibung des Kolbenleders an der Wand des Stiefels, und die Reibung in den Zapfenlagern des Hebels zu überwinden ist. Uebrigens muß die bewegende Kraft an einer solchen Hebepumpe desto größer seyn, je geschwinder der Kolben beweget werden soll, und je größer das Kolbenspiel oder der Kolbenzug, nähmlich die Länge des Stiefels vom niedrigsten bis zum höchsten Stande des Kolbens ist. Die Wassermenge, welche ein solcher

Pumpenbrunnen bey jedem Kolbenzuge liefert, ist am kubischen Inhalte einer Wassersäule gleich, welche den Querschnitt des Stiefels zur Grundfläche, und die Länge des Kolbenspieles zur Höhe hat. Fig. 72.

Die Saugröhre hat gewöhnlich eine kleinere Weite als die Pumpröhre oder der Stiefel, etwa nur $\frac{2}{3}$ von diesem. Hingegen hat die Steigröhre (wenn sie nicht etwa nur kurz und daher leicht von dem Stiefel hinweg zu nehmen ist) öfters mit dem Stiefel gleiche, oder eine größere Weite, damit man den Kolben leicht herausnehmen kann, wenn er frisch geledert werden soll.

Der Kolben muß bey seinem niedrigsten Stande so nahe als möglich an das Stiefelventil anschließen, damit bey diesem Stande des Kolbens, der Raum zwischen diesem und dem Ventile, welcher der schädliche Raum der Pumpen genennt wird, möglichst klein werde.

Die Erhöhung des Kolbens in seinem höchsten Stande über den Wasserspiegel des Behälters muß bey einem Saugwerke weniger als 32 Fuß betragen. Denn höchstens bis zu dieser Höhe treibt der äußere Druck der Athmosphäre das Wasser nur alsdann, wenn die Luft ganz rein ausgepumpt wird. Da aber solches in den Saugwerken nie völlig genau bewerkstelliget werden kann, über dieß auch zur Eröffnung der Röhrenventile immer etwas von dem Drucke der Athmosphäre verwendet werden muß, so muß die Saugröhre vom höchsten Stande des Kolbens bis zum niedrigsten des Wasserspiegels im Behälter immer beträchtlich kleiner seyn als 32 Fuß; man macht sie daher selten über 24 Fuß lang. Auch der schädliche Raum verhindert zuweilen, daß das Wasser in einem Saugwerke nicht bis zum Kolben hinauf steigen kann, wenn schon dieser beträchtlich weniger als 32 Fuß über dem Wasserspiegel des Behälters erhöhet ist. Dieses Hinderniß wird jedoch beseitigt, wenn man die Saug- und Pumpröhre, ehe man ein dergleichen Saugwerk in Bewegung setzt, von oben mit Wasser anfüllet.

§. 218.

Bey den Saugwerken besonders sind in der aufwärts gehenden Bewegung des Wassers zwey Theile zu bemerken. Der erste bis an den Kolben ist eine Wirkung der Luft, der

Fig 72. zweyte Theil aber über dem Kolben, ist bloß mechanisch zu beurtheilen. Es kann daher durch eine solche Pumpe das Wasser im Ganzen viel höher als 32 Fuß gehoben werden. Denn obgleich die Wirkung der Luft begränzt ist (§. 212.), so ist doch die zweyte, d. i., die mechanische Wirkung von der Art, daß wir für dieselbe keine bestimmbare Gränze angeben können. Ist nähmlich die Kraft stark genug, um eine über dem Kolben befangene Wassersäule, z. B. von 76 Fuß hoch zu heben, so kann ein bloßes Saugwerk das Wasser auf 100 Fuß Höhe bringen, nachdem die Luft dasselbe 24 Fuß hoch bis zu dem Kolben gehoben hat. In Bergwerken wird durch den sogenannten hohen Satz*) das Wasser auf mehrere hundert (in den ungarischen über 600) Fuße gehoben.

§. 219.

Aufgabe. Den Widerstand zu finden, welcher sich in einem Saugwerke der Kraft am Kolben bey dessen Aufziehen entgegen setzet, wenn die Pumpe schon bis zur Ausgußröhre mit Wasser gefüllt ist.

Auflösung. Es sey die obere Kolbenfläche oder der Querdurchschnitt des Stiefels = f, die auf Wasser reducirte Druckhöhe der Athmosphäre beyläufig 32 Fuß = d, die Erhöhung des Kolbens über den Wasserspiegel PQ des Behälters = h, die Höhe des Wassers über den Kolben bis zur Ausgußröhre = H, und das eigenthümliche Gewicht des Wassers = g;

*) Ein hoher Satz besteht aus mehreren über einander gestellten Pumpen, bey welchen das bey N ausgegossene Wasser in einem Behälter aufgefangen, von da durch einem zweyten Kolben in einen zweyten Behälter hinaufgehoben, und durch einen dritten Kolben u. s. w., aufwärts zu dem verlangten Abflusse gehoben wird, wobey die Stangen aller Kolben, nach der Bergmanns Sprache, durch sogenannte Krummpuse so verbunden sind, daß diese durch eine einzige Kraft zugleich bewegt werden können. Die Schätzung des gesammten Widerstandes geschieht hier nach den oben §. 217 und 218. angegebenen Gründen.

so wird der Kolben von obenher getrieben, durch den Druck der Athmosphäre = f.d.g, und von dem Gewichte der ober dem Kolben stehenden Wassersäule = f.H.g; also ist der ganze Druck auf den Kolben von obenher = fdg + fHg. Dieser nähmliche Kolben wird aber von unten herauf getrieben von dem auf den Wasserspiegel PQ des Behälters wirkenden, und gegen den Kolben aufwärts fortgepflanzten Drucke der Athmosphäre = f.d.g, der aber um das Gewicht der Wassersäule = f.h.g unter dem Kolben bis zum Wasserspiegel des Behälters vermindert ist; also ist der wirkliche Druck auf den Kolben von untenher = fdg — fhg. Diese zwey gegen den Kolben von oben und von unten wirkenden Kräfte sind einander entgegengesetzt; folglich ist ihre Differenz (fdg + fHg) — (fdg — fhg) = f.(H + h).g. Die Kraft von oben herab, oder der Widerstand, welcher beym Aufziehen des Kolbens zu überwinden ist (§. 36. 3.), d. h., der Widerstand, welcher der bey M wirkenden Kraft das Gleichgewicht hält, ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, die dem Querdurchschnitt des Stiefels zur Grundfläche, und die Erhöhung der Ausgußröhre über dem Wasserspiegel des Behälters zur Höhe hat. Fig. 72.

Bey der wirklichen Bewegung muß die Kraft, welche den Kolben in die Höhe ziehen soll, größer seyn als der angeführte Widerstand, weil auch zur Ueberwindung der Reibung zwischen dem Kolben und dem Stiefel eine Kraft erforderlich ist, die um so größer seyn muß, je schneller der Kolben auf- und niederwärts bewegt werden soll.

Um die Wassermenge zu finden, welche ein Saugwerk im Beharrungsstande binnen einer bestimmten Zeit, z. B. in jeder Minute liefert, muß man wissen, wie viel Mahl in jeder Minute der Kolben in die Höhe gezogen wird, und wie groß die Höhe eines jeden Kolbenzuges sey. Wenn man nun den Inhalt des Zylinders, der den Querschnitt des Stiefels zur Grundfläche, und die Höhe des Kolbenzuges zur Höhe hat, mit der gegebenen Anzahl der Kolbenzüge binnen einer bestimmten Zeit

Fig. 72. multiplicirt, so erhält man den kubischen Inhalt der Wassermenge für diese Zeit; dabey wird jedoch vorausgesetzt, daß der Kolben und die Ventile so genau schließen, daß sie kein Wasser von oben herab durchfließen lassen.

Wenn man die Ausflußöffnung bey N verschließt, und bey m eine durch einen Hahn verschließbare Oeffnung mit einer Communication m n .. o p (Fig. 75.) in Verbindung bringt, so kann, wenn die Steigröhre bey A höher als die Ausgußröhre bey p ist, das Wasser unter- oder oberhalb der Erde weit fortgeleitet werden (§. 147. Zusatz).

72. und 75.

72. In solchen Fällen, wo es nöthig ist, die Stange k genau vertical in die Höhe zu ziehen, verbindet man dieselbe mittelst einer biegsamen Kette an einen Bogen s k r eines Kreisausschnittes s r t, dessen Mittelpunct in t liegt. Die Kette darf jedoch nur nach der Seite des Bogens hin biegsam seyn.

Von den Druckwerken.

§. 220.

Bey den Saugwerken wird die Einwirkung der Luft nur als eine zu Hülfe kommende Kraft benutzt. Bey den Druckwerken hingegen muß die angebrachte mechanische Kraft durch eine wiederkehrende Bewegung unmittelbar alles allein bewirken, und das Wasser in die Höhe bewegen. In der Figur 74. ist ein Druckwerk ohne, und in Fig. 73. eines mit Verbindung eines Saugwerkes vorgestellt. Die Druckwerke haben nebst den oben §. 216. angegebenen Röhren, auch noch seitwärts gehende, welche Knieröhren, auch Gurgeln genennt werden, wie E. Sowohl der Stiefel an seinem untern, als auch die Knieröhre an einem ihrer Ende, haben Ventile, die sich aufwärts öffnen (Fig 78.). Da, wo das Stiefelventil fehlt, muß das Wasser durch den Kolben eindringen, und das eingedrungene wieder abgesperrt werden können (Fig. 74.). Die Knie-, die Saug- und die Steigröhre haben in ihrer Weite höchstens $\frac{1}{2}$ der Weite des Stiefels.

73. und 74.

In dem bloßen Druckwerke (Fig. 74.) ist die Wirkung folde: Wenn der Kolben C in dem Stiefel aufwärts gegen B ge-

hoben wird, so drückt das durch seine Oeffnungen a und b ein- Fig.
dringende Wasser die unten anliegenden starken Streifen von 74.
Sohlenleder c d hinweg, und füllet den leer gewordenen Raum C des Stiefels aus. Wird nun der Kolben abwärts gegen C gedrückt, so hindern die an die untere Fläche genau sich anschließenden Lederstreifen das Wasser zurück zu treten; dagegen sucht dasselbe durch das leicht sich öffnende Seitenventil n in die mit dem Stiefel verbundene Knie-Röhre oder Gurgel E einzudringen.

Wird nun der Kolben wieder aufwärts gegen B gehoben, so druckt das bereits in der Seitenröhre E befindliche Wasser das Seitenventil n wieder zu, während durch die Oeffnungen a und b anderes Wasser in den leer gewordenen Raum des Stiefels gedrungen ist, welches durch einen wiederhohlten Druck des Kolbens abwärts, abermahl wie vorhin in die Seitenröhre E gepreßt, und so durch wiederhohltes Aufheben und Niederdrücken des Kolbens dasselbe mit großer Gewalt in der Steigröhre m aufwärts und hinaus getrieben wird.

An einem Druckwerke ist der Widerstand beym Herunterstoßen des Kolbens, wenn die Steigröhre schon gefüllt ist, dem Gewichte einer Wassersäule gleich, welche den Querschnitt des Kolbens oder des Stiefels zur Grundfläche, und die lothrechte Erhöhung des Ausgußes über den Kolben zur Höhe hat. Hierzu kommt noch die sehr beträchtliche Reibung des Kolbens gegen die Wand des Stiefels, die man aus Versuchen bestimmen muß.

Die Wassermenge, welche bey jedem Niedergange des Kolbens in die Steigröhre hinein getrieben wird, und bey der Ausgußöffnung ausfließt, ist eine Wassersäule, welche den Querschnitt des Stiefels zur Grundfläche, und die Höhe eines Kolbenhubes zur Länge hat, vorausgesetzt, daß sowohl der Kolben als auch beyde Ventile ganz genau schließen. Ist dabey auch bekannt, wie viel

Fig. Mahl der Kolben in einer bestimmten Zeit auf- und niedergeht, so kann man auch die Wassermenge für diese Zeit berechnen.

§. 221.

73. Bey dem vereinigten Saug- und Druckwerke (Fig. 73.) darf die lothrechte Erhöhung der Saugröhre D C ober dem Wasserspiegel D d des Behälters, wegen der (§. 217. Zusatz) angeführten Ursache nicht viel über 24 Fuß betragen. Uebrigens ist es nicht nothwendig, daß die Saugröhre in lothrechter Richtung von der Pumpröhre bis zum Wasser gerade hinunter gehe; sie kann in einer nach Belieben gebogenen Richtung, wenn es die Umstände so erfordern, bis unter den Wasserspiegel eines entfernt liegenden Behälters geführet werden. Die Wirkung einer solchen Pumpe erhellet nun deutlich genug aus den §. 217. und 220. gegebenen Erklärungen.

Bey dieser Wasser-Maschine wird der Widerstand, welchen der Kolben beym Niederstoßen zu überwinden hat, nach §. 220. geschätzt; beym Aufziehen des Kolbens hingegen ist der Widerstand, ohne der Reibung, gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche den Querschnitt des Stiefels zur Grundfläche, und die Vertiefung des Wasserspiegels des Behälters unter dem höchsten Stande des Kolbens zur Höhe hat. Die Wassermenge, welche ein vereinigtes Saug- und Druckwerk in einer bestimmten Zeit auf eine bestimmte Höhe hinaufbringet, wird nach §. 220. berechnet.

Sind die Kolbenstangen von zwey Wasserpumpen mittelst einer mechanischen Vorrichtung, etwa mittelst einer doppeten Kurbel, oder auch mittelst eines sogenannten Kunstkreuzes so verbunden, daß sie wechselweise auf- und abwärts sich bewegen, so nennt man eine solche Vorrichtung ein doppeltes Pumpenwerk. Sind mehrere Paare der Wasserpumpen so verbunden, daß die halbe Anzahl der Kolben steigt, wenn die andere Hälfte sinkt, so heißt dieses ein zusammengesetztes Pumpenwerk. Aus dem Vorhergehenden erhellet schon, wie der Widerstand und die Wassermenge eines zusammengesetzten

Pumpenwerkes zu berechnen sey, es mag solches ein Saug- oder Druckwerk, oder ein vereinigtes Saug- und Druckwerk seyn. Auch ist es leicht, daß mehrere Pumpenröhren eines zusammengesetzten Druckwerkes eine einzige gemeinschaftliche Steigröhre von einer erforderlichen Weite haben können. Fig.

Von der Verbindung der Saug- und Druckwrrke mit Benutzung der Elasticität der Luft.

§. 222.

Diese Art Druckwerke, wobey ein Mahl die Luft durch ihre Schwere, und ein zweytes Mahl durch ihre Elasticität auf das Wasser wirkt, bey welchen die aufwärts gebogene Steigröhre nur einige Fuß hoch, am obern Ende mit einer engen Ausgußröhre versehen, und nach allen Richtungen leicht beweglich ist, werden bey den neuern Wasserspritzen zum Löschen des Feuers (gewöhnlich Feuerspritzen genennt), angewendet. In der Figur 78. ist eine solche hydraulische Maschine im Provilriß vorgestellt, deren wesentliche Bestandtheile folgende sind: 78.

1.) Ein Wasserkasten A B.

2.) Zwey Stiefeln C C mit Klappen-Ventilen a und b, massiven Kolben und Seiten-Communicationsröhren c und d und Klappen-Ventilen.

3.) Ein sogenannter Windkessel D.

4.) Eine metallene Steig- und Mündungsröhre n o p q.

Die Wirkung einer solchen Maschine ist folgende: Durch das wechselseitige Aufziehen und Niederdrücken der zwey Kolben wird das Wasser vermöge ihrer eigenen Schwere (oder bey einigen Feuerspritzen mit Saugröhren, mittelst des Druckes der äußern Luft) durch die Oeffnungen der Ventile a und b in die Stiefeln, und von da durch die Seitenröhren c und d in den Windkessel D getrieben. Weil aber durch diese wechselweise Pressung des Wassers durch die Seiten-Ventile c und d mehr Wasser in den Windkessel gebracht, als durch die Mündung q ausgespritzt wird; so wird die in demselben befindliche Luft bey m so gewaltig zusammengepreßt, daß sie vermög ihrer Elasticität das

Fig. 78. Wasser durch die Oeffnung n in die Steigröhre ununterbrochen hinaus treibt, da sonst, ohne Hülfe dieses elastischen Druckes der Luft (bey Feuerspritzen nähmlich ohne diesen Windkessel) das Wasser unterbrochen nur stoßweise bey der Mündung der Röhre q hinaus getrieben wird.

Die Wände, welche bey der Füllung des Wasserkastens die Stiefeln gegen Beschädigung schützen, und durchlöchert sind, damit das Wasser mit den Stiefel-Ventilen communiciren könne, und einige andere zum Mechanismus nicht wesentliche Theile, sind der Deutlichkeit wegen aus der Zeichnung hinweg gelassen worden.

§. 223.

Unter den Wassermaschinen, welche das Wasser auf eine geringe Höhe, aber in großer Menge mit Vortheile heben, verdienet die von Archimedes zuerst angegebene Wasser-
77. schraube wegen ihrer vorzüglichen Brauchbarkeit eine kurze Erwähnung.

Die Archimedische Wasserschraube besteht aus einer Welle, um welche eine bleyerne Röhre in Gestalt einer Schraube herumgewunden ist. Anstatt der bleyernen Röhre wird gewöhnlicher um die Welle eine Art von Wendeltreppe mit dünnen Bretchen gemacht, und diese an ihren äußern Umfange mit Bretern, auf ähnliche Art, wie eine Tonne mit Faß-Dauben bedeckt, so daß nur an jedem Ende eine hinlängliche weite Oeffnung gelassen wird. Diese Maschine wird bey dem Gebrauche in schiefer Lage so aufgestellt, daß der untere Theil unter Wasser ist, und darin mit seinem Zapfen in einer hinlänglich befestigten Pfanne umlaufen könne. Der obere Zapfen wird vermittelst einer Kurbel und eines daran gesteckten Hebels CD, oder aber mit einem daran gesteckten conischen Getriebe und einem Stirnrade herumgetrieben. Bey jeder Umdrehung tritt durch die untere Oeffnung eine gewisse Menge Wasser in den hohlen Schraubengang ein. Dieses Wasser wird bey fortgesetzter Umdrehung allmählig steigen, und sich bey der obern Oeffnung des Schraubenganges in den dazu vorgerichteten Behälter oder

ferneren Ableiter ergießen, wenn die Maschine schief genug gegen den Horizont gestellt ist: dergestalt nähmlich, daß der Abweichungswinkel d e f ihrer Achse e f von der Vertikallinie d e größer ist, als die Neigung der Schraubengänge c a gegen den senkrechten Querdurchschnitt a b, das heißt, wenn der Winkel d e f > c a b ist. Uebrigens ist bey gleichen Umständen die mit jeder Umdrehung gehobene Wassermenge desto größer, je größer der Unterschied der zwey erwähnten Winkel ist. Fig. 77.

§. 224.

Will man die Kraft berechnen, welche zur Umwendung einer solchen Maschine nöthig ist, so bringe man sie vor dem Gebrauche in diejenige geneigte Lage, die sie in Wasser bey dem Gebrauche bekommen soll, und gieße von oben so viel Wasser hinein, als sie von demselben behalten kann, richte sodann die Maschine senkrecht auf, und lasse das darin enthaltene Wasser in ein Gefäß ablaufen. Man wäge dieses Wasser, so hat man die absolute Last, die gehoben werden soll. Diese absolute Last multiplicire man mit dem Sinus des Neigungswinkels der Achse e f des Zylinders gegen den Horizont A q bey ihrem Gebrauche; so erhält man die relative Last, wie auf der schiefen Ebene (§. 44. 1.). Da die Schraube vermittelst einer Kurbel, oder aber mittelst eines angesteckten Getriebes wie mittelst eines gegebenen Hebelarmes gedrehet wird, so berechne man den Umkreis für diesen Hebelsarm als Halbmesser. Man messe auch die Höhe der Schraubenstufen, d. i., die Entfernung der Schraubengänge m a nach einer zur Achse der Schraubenwelle parallelen Richtung. Um nun die Größe der Kraft zu bekommen, welche am Endpuncte des erwähnten Hebelarmes angebracht der gefundenen Last das Gleichgewicht hält, schließe man: Der Umkreis des Hebelarmes der Kraft verhält sich zur Stufenhöhe, wie die relative Last zur gesuchten Kraft.

Eigentlich sollte beym Abwägen des Wassers derjenige Theil, welcher in der Röhre unter Wasser stehen soll, nicht

Erz. 77. mitgerechnet werden. Doch schadet es nicht, ihn mit in die Rechnung zu ziehen, weil die daraus entstehende Vergrößerung der Kraft bey der Bewegung als ein Uebergewicht dienen kann, so wie auch zur Ueberwindung der Reibung in den Zapfenlagern eine Vergrößerung der berechneten Kraft erforderlich ist. Indessen ist die Reibung bey der erwähnten Archimedischen Wasserschraube weit geringer, als bey andern zu eben derselben Absicht gebräuchlichen Wasserkünsten, als z. B. Pumpwerken, Kastenkünsten, Schaufelwerken; und eben darum ist jene diesen vorzuziehen, da sie dabey auch die Einfachheit verbindet.

Die Einfachheit einer Maschine ist jedoch nicht immer ein untrügliches Kennzeichen ihres Vorzuges vor andern, zu eben derselben Absicht dienenden Maschinen, welches sich deutlich bey dem sehr sinnreich eingerichteten Strumpfwirkerstuhle, in Vergleichung mit den gewöhnlichen Stricknadeln, u. m. dgl. ausspricht. Hieraus erhellet zugleich, daß zusammengesetzte ordentlich eingerichtete Maschinen da immer eine auffallend große Wirkung leisten müssen, wo sie an die Stelle solcher einfachen Werkzeuge gesetzt werden, die vermöge ihrer Einrichtung zur Bewegung einen ganzen Menschen erfordern, obgleich zur Ueberwindung der eigentlichen Last vielleicht nur einige Lothe an Kraft nöthig wären, wie z. B. die zusammengesetzten Spinnmaschinen in Vergleichung mit den gewöhnlichen Spinnrädern.

Verbesserungen

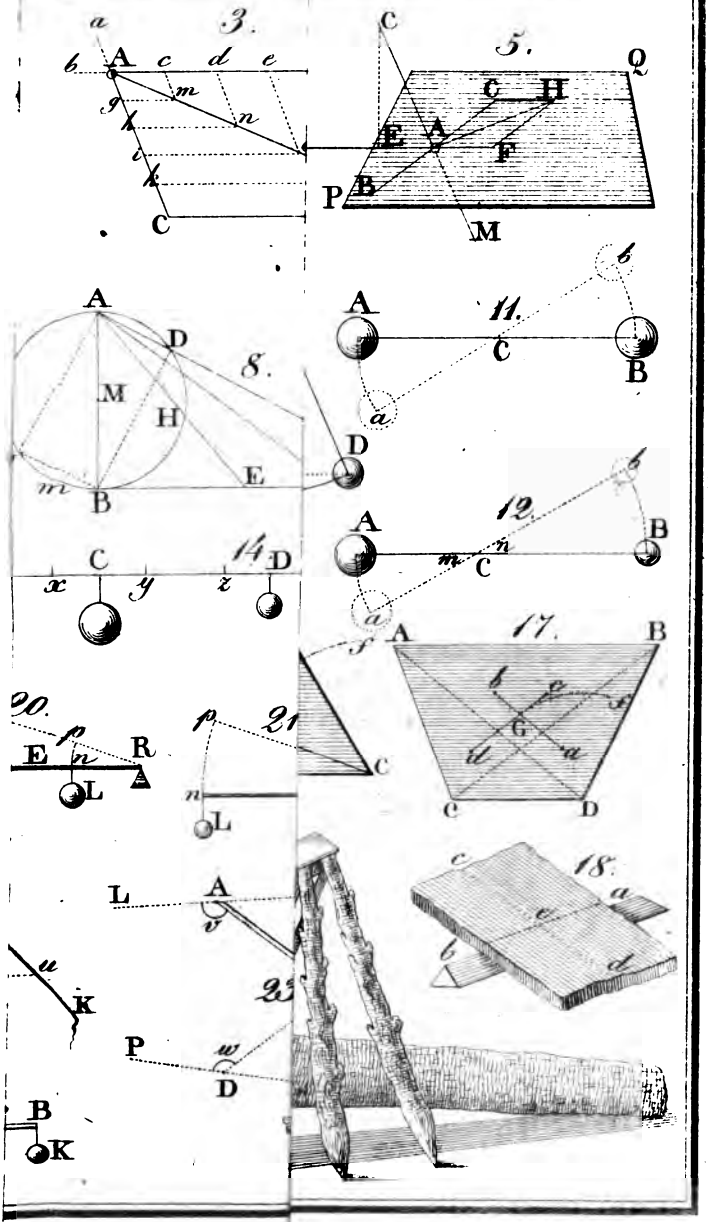
der wesentlichen Druckfehler, welche theils in der Correctur übersehen, theils erst nachher sich wieder eingeschlichen haben.

Seite	Zeile	Anstatt:	Lese man:
1	1 v. u.	eine	ein
4	17 v. o.	genennet	genannt
5	12 v. u.	athmosphärischen	atmosphärischen
6	15 v. u.	Den	Der
10	4 v. u.	es	sie
17	1 v. u.	g x	g z
54	6 v. u.	x	y
56	17 v. u.	B C	B E
72	4 v. u.	610	620
74	4 v. o.	den	dem
78	2 v. o.	A B	R B
82	16 v. u.	eine und 7	eine um 1/4
90	11 v. o.	Schraubenlinien	Schraubenlinie
91	12 v. o.	Festhalten zur	Festhalten, zur
100	5 v. o.	die	der
118	14 v. o.	ungebogenen	umgebogenen
120	11 v. u.	Materie	Materien
126	3 v. u.	Heber-Maschine	Hebe-Maschine
129	10 v. u.	c R r v	c R n
139	4 v. u.	Reihe	Riese
142	1 v. o.	59	47
144	20 v. o.	eingewälleget	eingewälzt
144	12 v. u.	das	die
188	3 v. u.	Staat	Statt
191	4 v. u.	x	a
227	2 v. o.	zufließenden	zufließende

NB. Seite 24 in der 12ten Zeile von unten sind die Exponenten 2 in der Drucker-Form etwas herabgesunken, welches jedoch zu keiner Irrung verleiten kann, da sie in den folgenden Zeilen wieder an ihren Platz stehen.

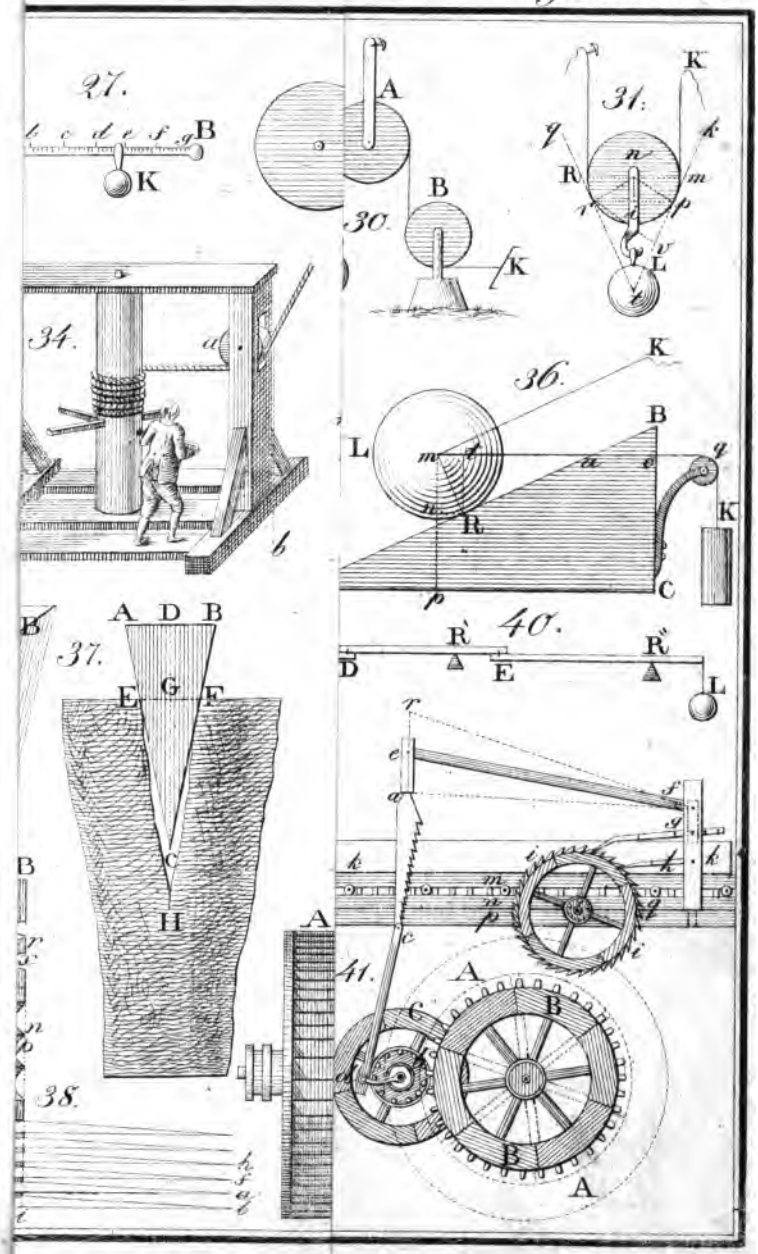
Gedruckt bey Leopold Grund.

Fig. 1. bis 25.



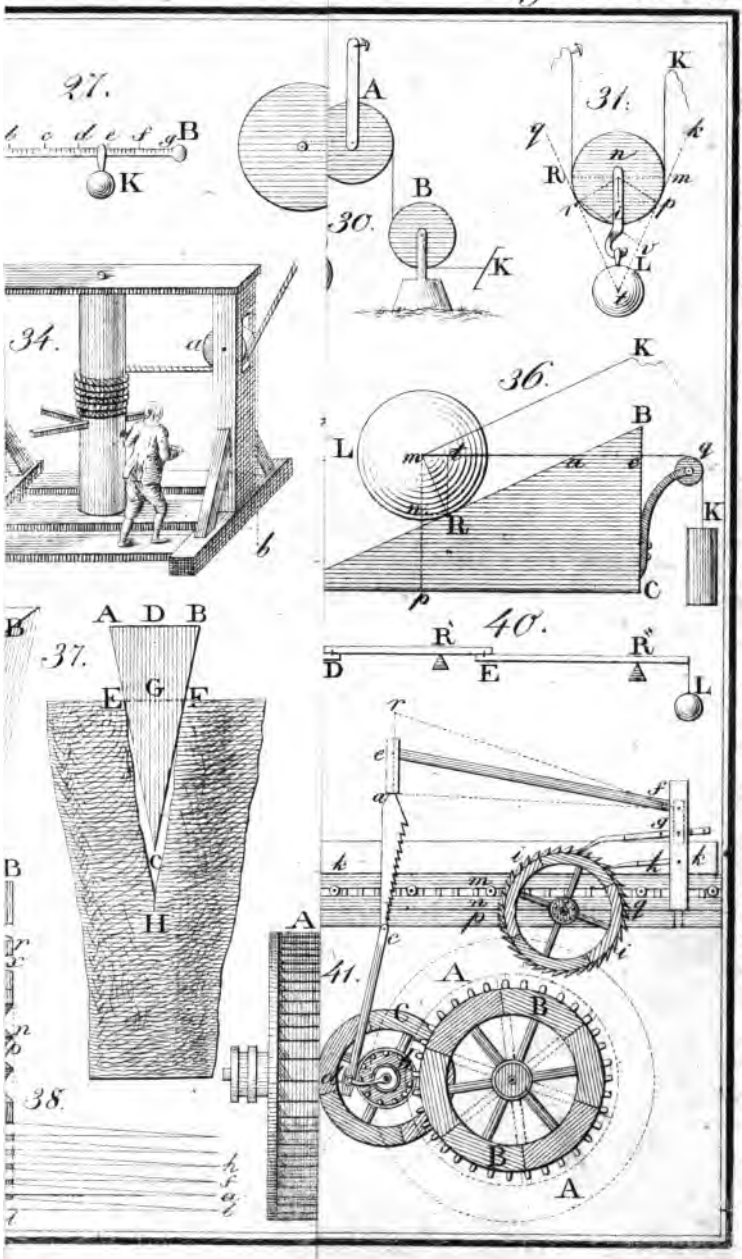
UNIV. OF

Fig. 26 bis 42.

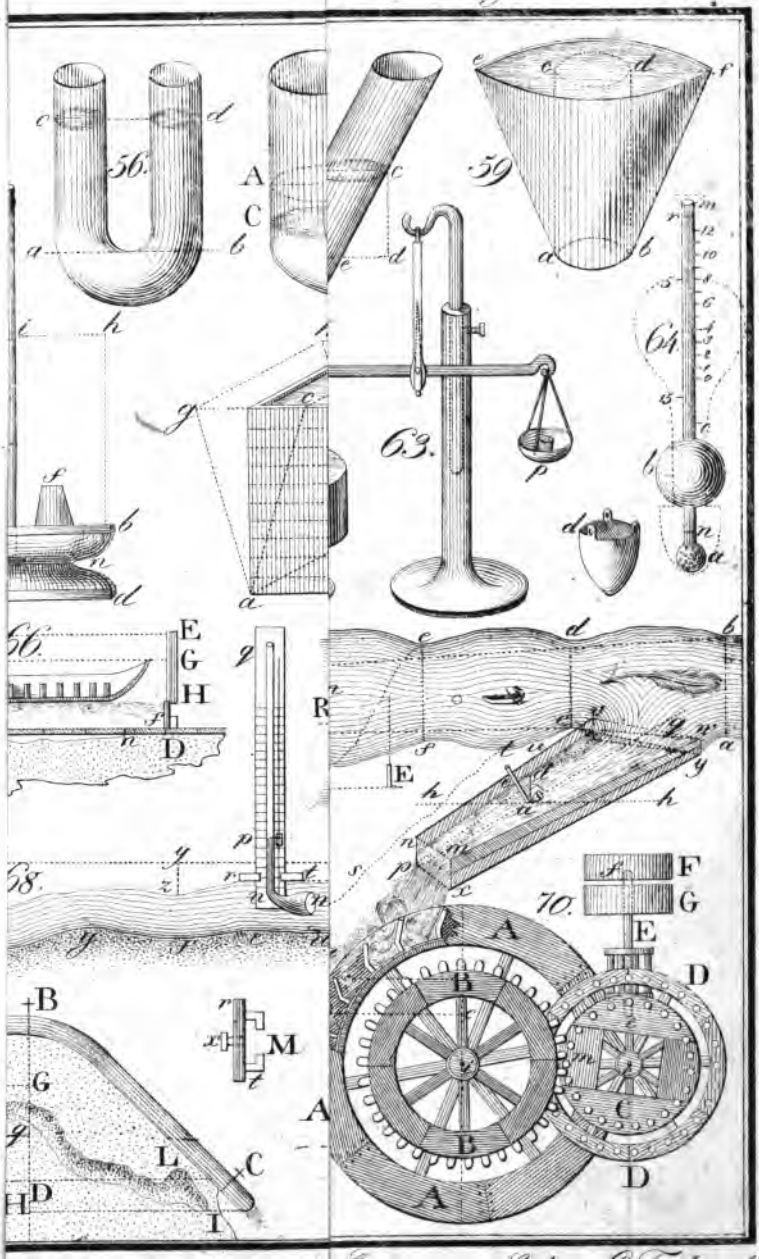


UNIV. OF MICH.

Fig. 26 bis 42.



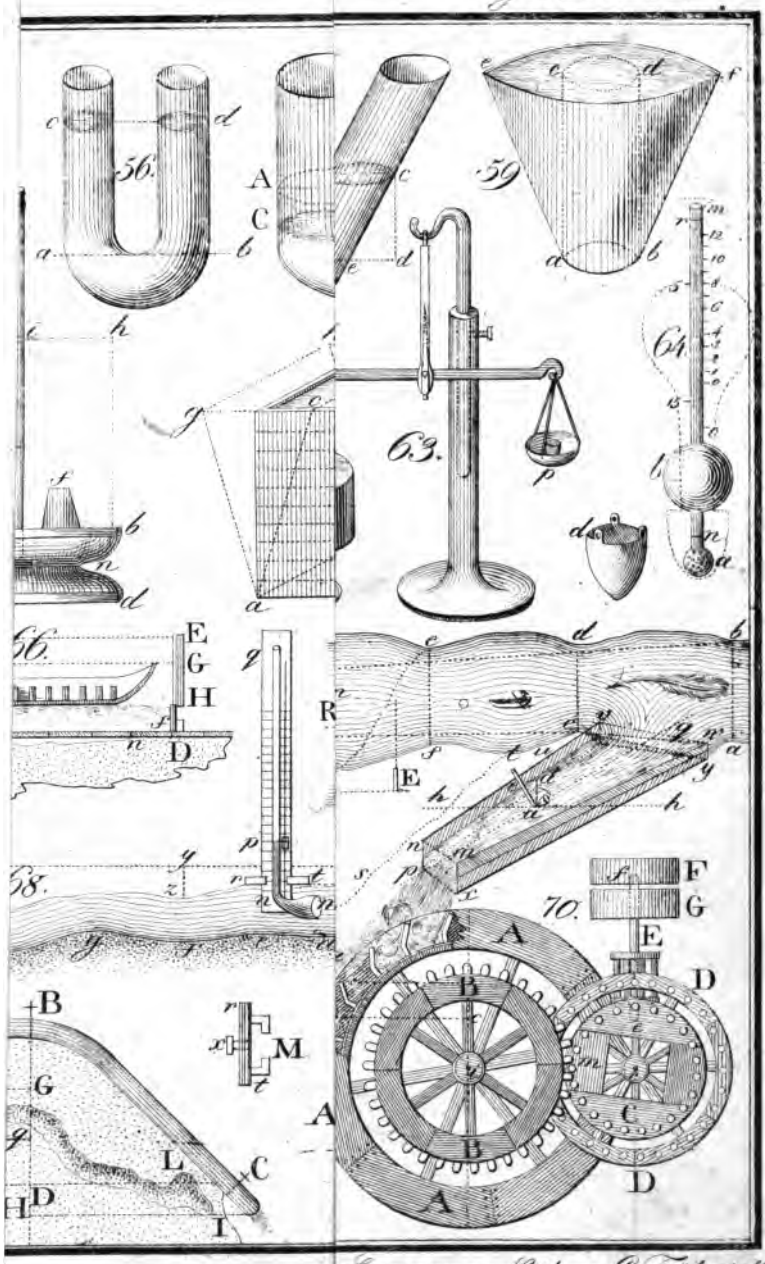
UNIV. OF MICH.



Stein grav. v. Lythogr. E. Frühwirth.

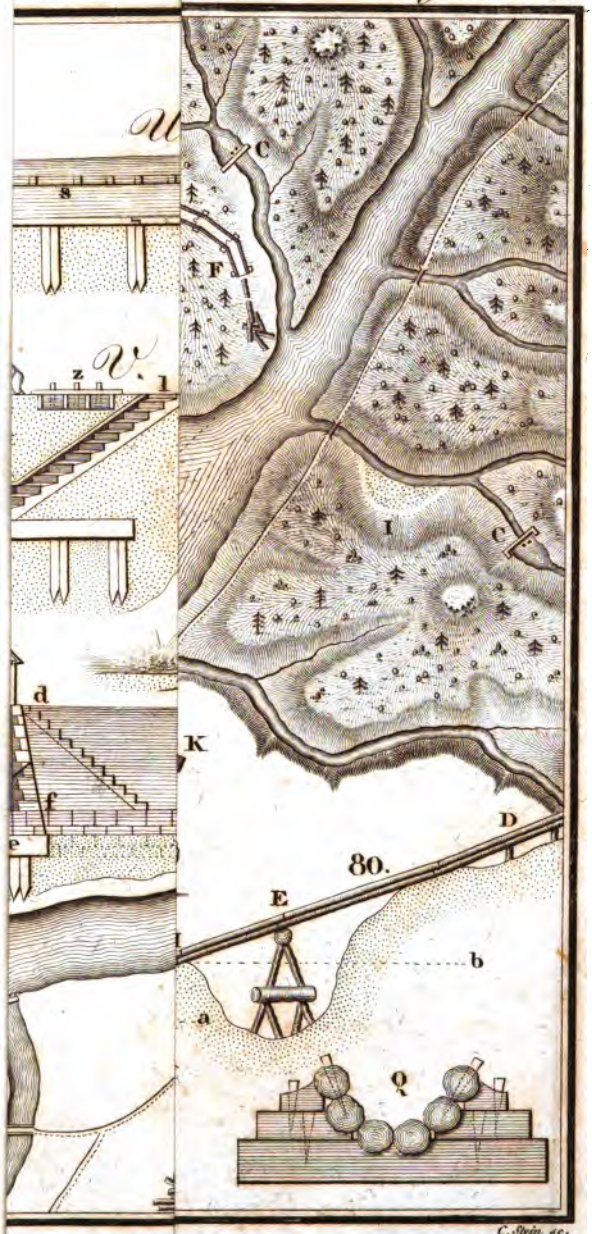
UNIV. OF MICH.

Fig. 54 bis 71.



Steen grav.r Lythogr. E. Freihwirth.

Fig. 78 bis 80.



UNIV. OF MICH.